06(72)Aa
R

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A.M.N.H.
1924

# ANALES

DEL

# MINISTERIO DE FOMENTO.

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY

# ANALES

DEL

# MINISTERIO DE FOMENTO

5.06(72) Aa

DE LA

## REPUBLICA MEXICANA

## TOMO X

MÉXICO
IMP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO
Calle de San Andrés número 15.

1888

24-94460 Mean,31

# ESTUDIO

De los fenómenos seísmicos del 3 de Mayo de 1887, por José G. Aguilera, Jefe de la Seccion Naturalista de la Comision Científica de Sonora y Segundo naturalista de la Comision Geográfico-Exploradora.

---

Comision Científica de Sonora.—Seccion Naturalista.

Adjunto tengo la honra de remitir á vd. el estudio de los fenómenos seísmicos del 3 de Mayo de 1887, que por disposicion del Señor Secretario de Fomento se sirvió vd. encomendar á mi incompetencia. En dicho trabajo he seguido escrupulosamente las completas instrucciones que tuvo vd. la bondad de darme por escrito para que sujetara á ellas mis investigaciones; y cumpliendo con los deseos manifestados por vd. de que el trabajo se hiciera tan completo como fuera posible, he tratado de desarrollar con la extension que juzgo conveniente para esta clase de estudios, cada uno de los puntos que comprende el pliego de instrucciones de que he hecho mérito.

Me he concretado á reunir y discutir todos los datos que en la exploracion pude recoger sobre los movimientos seísmicos que se iniciaron causando la completa destruccion del pueblo de Babispe, y no hago mencion de la aparicion del volcan de que tanto se ocupara la prensa nacional y extranjera, porque en su oportunidad tuve la honra de informar á vd. no ser cierta la aparicion de dicho volcan, á pesar de la completa y minuciosa descripcion

que de él, sus erupciones y corrientes de lava publicara uno de los principales periódicos de los Estados Unidos.

Reitero á vd. las protestas de mi respetuosa subordinacion y distinguido aprecio.

Libertad y Constitucion. Hermosillo, Marzo 11 de 1888.

José G. Aguilera.

Al Jefe de la Comision Científica de Sonora, Ingeniero Agustin Diaz.—Presente.

El terremoto ó temblor de tierra es un fenómeno excesivamente complicado, es una funcion de variables numerosas é independientes, cuya naturaleza es muy poco conocida en algunas y completamente ignorada en las otras, desconociéndose por completo hasta la actualidad la relacion que pueda existir entre la diversa variabilidad de todas ellas. Exige el estudio de esta clase de fenómenos conocimientos sumamente vastos en otras muchas ciencias que se ligan más ó ménos íntimamente con la geología á la cual pertenecen con toda especialidad. Es con el auxilio de todas ellas como se podrá llegar á encontrar la verdadera explicacion de los efectos en extremo variados que acompañan ó siguen á los temblores de tierra; así como determinar la influencia que en cada fenómeno hayan ejercido las diversas variables hasta hoy conocidas como interventoras en los grandes estragos y destrucciones originadas en los temblores, y cuyas manifestaciones nos sirven como un débil factor para determinar la naturaleza, intensidad, profundidad y manera de propagacion de ellos; á la vez que podrán ayudar á descubrir la intervencion de otros factores ántes no conocidos, ó á los cuales no se les reconocia una influencia tan esencial.

Siendo indispensable el conocimiento, aunque sea imperfecto, de la topografía y geología de la region más enérgicamente sacudida por el temblor para poder juzgar con más acierto de la naturaleza de los efectos producidos, y por consiguiente para poder fundar hipótesis acerca de la causa que originara el temblor, emprendí la exploracion con el objeto de formar un cróquis topográfico y otro geológico que me sirvieran de base para situar, apreciar y discutir debidamente los datos recogidos sobre las dislocaciones, trastornos, hundimientos, derrumbes, etc., que originaron los movimientos seísmicos del 3 de Mayo. El cróquis topo-

gráfico ha sido construido con los trabajos hechos al perambulador y brújula de mano por los Sres. Juan B. Laurencio y Nicolás Lazo de la Vega, Mayor de E. M. E. y Segundo Naturalista de la Comision Geográfico-Exploradora, el primero, y Capitan 1º de caballería el segundo, quienes por disposicion del Director de la Comision Geográfico-Exploradora y Jefe de la Comision Científica de Sonora, Ingeniero Agustin Diaz, me acompañaron con el objeto de prestarme su ayuda en el ramo ántes mencionado. Debo á su valiosa é inteligente cooperacion el haber podido llevar á cabo la exploracion de la zona más enérgicamente sacudida, siguiendo las completas instrucciones que sobre esta materia se sirvió darme el Director de la Comision.

Los esfuerzos hechos para calcular la velocidad de propagacion, localizar con exactitud el epicentro, determinar con precision la profundidad del foco, no tienen todo el valor que debieran, en atencion á lo incierto de los datos recogidos en una region en la cual los temblores eran completamente desconocidos, y en donde por lo mismo era imposible encontrar una persona capaz de hacer cuidadosas y exactas observaciones. Este trabajo lo presentamos, pues, no como un exacto resultado y una discusion acabada, sino como el conocimiento más completo que prácticamente hemos adquirido del fenómeno y sus consecuencias.

---

**Instrucciones para el estudio de los fenómenos seísmicos del 3 de Mayo de 1887.**

1ª Descripcion orográfica é hidrográfica de la region explorada.

2ª Estudio geológico de la misma.

3ª Construccion de los perfiles geológicos de los principales caminos recorridos.

4ª Construccion de un cróquis topográfico para situar en él las grietas originadas por el temblor.

5ª Bosquejo geológico de la region explorada.

6ª Levantamiento del plano de las ruinas del pueblo de Babispe, indicando en él los estragos hechos por el temblor.

7ª Formacion de una coleccion de rocas para su estudio micrográfico y clasificacion precisa, indicando su composicion mineralógica, acompañada de observaciones acerca del papel que han desempeñado en el levantamiento de las cordilleras.

8ª Estudio y discusion de los fenómenos originados por el temblor del 3 de Mayo de 1887, tales como dislocaciones, hundimientos, agrietamientos, derrumbes, inundaciones, emision de gases en ignicion, etc.

9ª Marcha, duracion y manera de propagacion de los movimientos seísmicos.

10ª Determinacion del epicentro ó foco superficial del temblor, y profundidad aproximada del foco real.

11ª Construccion de una carta con las curvas isoseísmicas ó de igual intensidad del temblor, y si fuere posible construccion de las curvas coseísmicas.

12ª Causa probable del temblor.

Libertad y Constitucion. Hermosillo, Julio 1º de 1887.

El Jefe de la Comision,
AGUSTIN DIAZ.

Al Jefe de la Seccion Naturalista de la Comision Científica de Sonora.—Presente.

**Descripcion orográfica é hidrográfica de la region explorada.**

Los rasgos más dominantes y por consiguiente los que mejor caracterizan la fisonomía de una comarca ó region, son los que resultan de la situacion, direccion y relaciones que entre sí guardan los accidentes ó elementos orográficos: de ellos es de donde parte la division del terreno; ellos dan nacimiento á los rios que han de asurcar y regar los valles haciéndolos propios para la agricultura y para la estancia del hombre; así como originan por sus diversas alturas y posiciones la diferencia de climas, y por lo mismo, la variedad en los productos de la naturaleza, dentro de extensiones de terreno relativamente cortas; además de que abastecen á las necesidades del hombre tanto en la construccion como en la provision de los metales que reclaman su industria y su comercio, y finalmente contribuyen en gran escala al embellecimiento escenográfico de la misma region.

Puede dividirse longitudinalmente el extenso Estado de Sonora en dos regiones distintas á la vez, por su configuracion geográfica y por la constitucion geológica de su suelo. La primera, que es notablemente de mayor extension es la zona comprendida entre el golfo de Cortés al O. y las sierras inmediatas á Ures, adonde, propiamente hablando, empieza el levantamiento de la Sierra Madre: esta es la zona de la llanura y de la tierra baja; es sumamente monótona, tiene una inclinacion muy débil y casi uniforme hácia la línea de la costa y presenta montañas aisladas ó pequeños grupos interrumpiendo su superficie. La segunda region se extiende á lo largo de la Sierra Madre que separa este Estado del de Chihuaha, comprendiendo toda su vertiente occidental: es esencialmente montañosa, árida, poco transitada y habitada, está privada de buenos caminos y presenta, sin embargo, muchos puntos por los cuales pueden establecerse pasos para las caballerías y bestias de carga, y al contrario de lo que pudiera esperarse por tratarse de este gran macizo montañoso, se puede decir que es accesible por todos lados.

Las montañas se presentan en el Estado de Sonora de dos ma-

neras: en pequeños grupos que forman sierras aisladas en la parte baja y en grupos de considerable extension que se conocen con el nombre de cordilleras, aunque en muchos casos se ha abusado de esta última denominacion. Cuando las montañas se agrupan para formar cordilleras, se nota en ellas una tendencia á tomar una direccion general que es próximamente de N. NO. á S. SE., aunque en algunos tramos tienen direcciones que varian unas veces más hácia el N. y otras más hácia el O. pero siempre la direccion general es la del cuadrante NO. al SE.; en el caso de que las montañas se presentan aisladas ó formando grupos de corta extension es difícil encontrar en ellas la direccion general enunciada arriba, pero considerando éstos como elementos dispersos, es fácil comprobar esta misma direccion uniendo dos ó más de dichos elementos. Esta direccion es, con poca diferencia, la de la península de la Baja California y la de la línea de la costa del Golfo.

Los diversos grupos de montañas, sierras y cordilleras que cubren la porcion oriental del Estado, forman un solo sistema de montañas, cuyos diversos elementos no han hecho su aparicion en una misma época sino que han sido levantamientos sucesivos, siendo los más modernos los de mayor elevacion y magnitud; y los más antiguos han sido cubiertos en parte por las rocas sedimentarias modernas, y los que han quedado descubiertos constituyen ahora cerros de pequeña elevacion en la falda occidental de la Sierra Madre y en la zona comprendida entre dicha falda y la costa del Golfo de California. Débese á esta manera de formacion del sistema de la Sierra Madre, el que no se encuentre una cadena central única sino varias cordilleras paralelas entre sí en una porcion de su trayecto, que se unen en otra para continuar como un solo grupo que será dividido á su vez en otros, y así sucesivamente hasta ser muy difícil reconocer en ellos su verdadera procedencia.

Esto hace que, siguiendo la direccion general de la Sierra Madre y circunscritos por sus contrafuertes, eslabones y ramales, se encuentren numerosos valles longitudinales estrechos que pasan á verdaderas cañadas y los cuales se comunican para hacer el desagüe de los más altos á los más bajos, por pasos muy estrechos y por verdaderos desfiladeros.

Por todo lo anteriormente expuesto, se comprende que es esta una region clásica para los valles principales ó longitudinales, y que siendo éstos de pequeña anchura, como se ha dicho anteriormente, los valles trasversales han quedado reducidos en su mayoría á verdaderos talwegs y siguen, como es de suponerse, direcciones que forman con la de los valles principales ángulos variables entre 45° y 90°. Es en la region occidental del Estado en donde los valles trasversales adquieren sus mayores dimensiones al ensancharse para enlazarse con la llanura de la costa. Así, pues, estas dos regiones siguen un paralelismo inverso.

El macizo montañoso que se designa con el nombre de Sierra Madre, está compuesto de varias cordilleras paralelas, siendo las principales las siguientes: la cordillera que pasa entre Ures y Moctezuma, la de Nacozari, la de Teras y la que propiamente lleva el nombre de Sierra Madre, que separa á este Estado del de Chihuahua. Todas estas cordilleras tienen una direccion média de 25° NO.-SE. que es indudablemente la de la línea de ménor resistencia por la cual se hizo la eyeccion de las rocas eruptivas que constituyen la Sierra Madre.

Puede considerarse que la arista que separa la mesa central, y cuya direccion es próximamente la de las cordilleras, coincide con poca diferencia con la del eje del anticlinal, formado á consecuencia del levantamiento de las cordilleras, y concebirse que el alero occidental de dicho anticlinal ha desaparecido bajo la influencia de levantamientos posteriores que lo despedazaron, así como tambien por la erosion sumamente enérgica de fines del terciario y principios del cuaternario.

En resúmen, el macizo montañoso de la Sierra Madre, es un sistema de montañas compuesto, asmétrico, de vertiente occidental, formada por diversas cordilleras, cuya mayor pendiente ve siempre hácia el O., constituyendo gigantesca escalinata, por la cual puede hacerse el ascenso á la mesa central, descansando por intervalos en los valles sucesivamente elevados comprendidos entre ellas. Puede formarse una idea de los accidentes del terreno, considerando el Estado de Sonora como un plano inclinado que se apoyara por una parte en la mesa central, y por otra en el Golfo de California, y que hubiera sido acanalado á diversas profundidades y paralelamente á la costa.

La region hidrográfica de la vertiente occidental de la Sierra Madre en esta porcion del país, es estrecha y no ofrece grandes arterias fluviales, por razon de la corta distancia que média entre el nacimiento de los rios y su desembocadura, así como por la posicion de los accidentes orográficos, cuya altura va siendo mayor á medida que se aleja más de la costa, y por la direccion de ellos paralelamente á la de las corrientes que arrastran el vapor de agua del Océano Pacífico, y por consiguiente que no están favorablemente dispuestas para la produccion de la lluvia; por otra parte, la suma permeabilidad del terreno en la parte baja impide que se reunan sus aguas formando corrientes de consideracion. Comprende solamente esta region hidrográfica pequeños rios que reciben sus aguas de las escasísimas lluvias en la vertiente occidental de la Sierra Madre, que no son de curso permanente sino en la parte baja muy cerca de la costa del Golfo, y ésto no todos, pues que algunos desaparecen en los arenales de la costa sin descargar sus aguas en el Golfo de California. Se compone de las dos principales cuencas de los rios Yaqui y Mayo, y de las pequeñas y secundarias cuencas de los rios Sonora y San Ignacio, no mereciendo estas últimas el nombre de cuencas hidrográficas propiamente dichas.

## Estudio geológico.

*De Moctezuma á Oputo.*—Moctezuma está situado en un pequeño valle longitudinal, que corre con una direccion de 10° NO.-SE. que se ensancha hácia el S., y se estrecha notablemente al N. hasta convertirse en una estrecha cañada cerca del pueblo de Jécori. Este vallecito está encerrado entre la sierra de La Madera, cordillera de Nacozari y la de Bacachi y Cerro Colorado, que tienen próximamente la direccion del valle.

En la porcion SE., empezando en la orilla de la poblacion, se extiende una gran corriente de lava que cubre el acarreo y arcillas cuaternarias del fondo del valle, habiendo producido por su contacto una modificacion en las arcillas que han adquirido ma-

yor cohesion, han cambiado su textura y tomado un color rojo bastante intenso, debido á la sobreoxidacion del hierro. Estos efectos del metamorfismo de contacto son muy visibles, y á distancia puede distinguirse la zona en la cual se ha verificado, pudiendo fijarse para ello un espesor medio de 0.$^{m}$80, aunque hay puntos en los cuales adquiere un espesor de 3 á 3.$^{m}$50.

El fondo del valle está formado de capas de aluvion y de arcillas pertenecientes al cuaternario reciente: las inferiores son verdaderos conglomerados de guijarros y cantos rodados, y disminuyendo de dimension sus elementos á medida que se acercan á la superficie vienen á terminar en capas formadas de grava pequeña que pasan á capas de arena suelta, sobre la cual vienen en alternancia capitas de arenas y margas arcillosas.

Las lomas de circumdenudacion que limitan este estrecho valle al N., están formadas de acarreo, y marcan los diversos niveles que ha tenido el fondo del valle en épocas no muy lejanas de la presente.

Al SO. se encuentra una serie de cerros que forman la sierra que pasa por Bácachi, prolongándose al SE., y que se extiende al NO. hasta Arizpe, etc. En esta porcion de su trayecto está formada de rocas del grupo de las andesitas, que han levantado capas de arenisca cuarzosa, pizarreña, dislocándolas y plegándolas de diversas maneras, pero que permiten reconocer la direccion en que fueron levantadas y la inclinacion, siendo la primera de 33° NO.–SE. y la segunda de 80° á 85° hácia el E.

De Moctezuma, caminando al E., la formacion del cuaternario está limitada por una pequeña sierra, estribo de la sierra de la Madera que está constituida por roca negra agrisada, que ha levantado un conglomerado del plioceno con un rumbo de 35° NO.–SE. En seguida se encuentra una cañadita que al O. está limitada por rocas ígneas modernas, y al E. por el granito de la prolongacion de la Sierra de la Madera. En el fondo de esta cañada está situado el rancho de Tonibabi [Agua Caliente].

El granito se extiende hasta cerca del paraje llamado Los No-

* En el Estado de Sonora se denomina Sierra de la Madera á la sierra que abastece de leña al pueblo; de manera que muchos de éstos tienen su sierra de la Madera.

gales, en donde desaparece ahogado por una andesita rojiza de estructura columnar y de textura porfídica. Esta andesita forma unas veces diques de espesor de 5 á 6 metros con direccion NO.–SE., é inclinacion variable entre 60° y 85°. La andesita levantó en este lugar una brecha verdosa, formada de fragmentos de rocas ígneas que refiero con duda al plioceno.

No me fué posible averiguar la verdadera relacion cronológica que esta brecha y la andesita tienen con el granito, por estar sumamente encubiertas las líneas de contacto.

Adelante de Los Nogales, y para entrar al valle de Guasabas y Granadas, desaparece la andesita debajo del acarreo y arcillas del cuaternario del valle.

El valle es longitudinal y se extiende de NO. á SE., siendo su direccion média de 24° NO.–SE. La cordillera de Huachinera generalmente conocida con el nombre de cordillera de Teras, lo limita al E. La constitucion geológica de este valle es idéntica á la de todos los valles recorridos en esta exploracion, y que como he dicho anteriormente, están formados por capas de aluvion en la base y diluvio en la superficie, llegando á adquirir en algunos lugares una potencia de más de 100 metros.

Siguiendo el camino de Guasabas para Oputo, se llega á un paraje llamado de La Agua Caliente, y allí se ve el aluvion descansando sobre un conglomerado, bastante resistente, dispuesto en capas de espesor variable, que buzan hácia el S. bajo un ángulo de 20° y con una direccion de 20° NO.–SE.

El conglomerado esta formado de elementos procedentes casi todos de andesitas y rocas de textura traquítica.

Entre este conglomerado y el acarreo y arcillas del diluvio, hay discordancia de estratificacion y el órden en que están colocadas sus capas, es el siguiente: en la parte inferior, á unos 15 metros que es todo lo que está descubierto del conglomerado, capas que encierran guijarros muy grandes hasta de 3 decímetros; vienen despues otras de elementos más pequeños que están cubiertas por otras de areniscas de grano grueso, formando todas un conjunto de capas numerosas.

Adelante, en los bordes de Agua Caliente, se descubre inmediatamente debajo de la tierra vegetal, una arcilla rojiza entre la cual se encuentran numerosas capas de yeso fibroso, de un espe-

sor de 0.02 á 0.$^{m}$08 separadas unas de otras por intervalos que miden 0.15 á 0.$^{m}$30.

Desde este lugar aparece otra vez el conglomerado que hemos descrito del paraje de Agua Caliente, cubierto por el aluvion en estratificacion discordante, hasta unos 5 kilómetros ántes de llegar al pueblo de Oputo, donde desaparece cubierto por el aluvion y arcillas del diluvio del valle.

*De Oputo á Huachinera.*—La formacion del valle que es idéntica á la de todos los valles comprendidos en la exploracion y que pueden verse en el cróquis topográfico que acompaña á este trabajo, se extiende hasta la falda de la sierra de Huachinera, que como he dicho en otra parte pertenece á la cordillera de Teras; y en el paraje denominado La Higuerita, es sustituida por una brecha de color verdoso y gris azulado, que referimos provisionalmente al plioceno, miéntras que exploraciones posteriores que se extiendan á toda la porcion del sistema de la Sierra Madre, que separa este Estado del de Chihuahua, me permiten fijar con certeza la relacion estratigráfica de este conglomerado, con horizontes geológicos conocidos y poder conocer con exactitud la edad de dicho conglomerado.

Este conglomerado desaparece inmediatamente bajo los destrozos de una roca andesítica, de color pardo rojizo [véase el perfil núm. II], y continúa una roca que tiene el aspecto de un basalto ampolloso y escoria volcánica, que corta á la andesita hornbléndica, formando diques que corren NO. 34° SE. débilmente inclinados hácia el E. y presentando su escarpe ó mayor pendiente hácia el Oeste.

Continuando el ascenso de la sierra, aparece una roca roja de textura semi-vidriosa, véase el perfil, y de naturaleza andesítica, que en el paraje de Bacapire, desaparece bajo las arcillas y acarreos modernos de esta depresion, interrumpidos por la andesita hornbléndica de color morado que encontramos al empezar el ascenso de la sierra, véase el perfil, que continúa hasta el paraje de la Piedra Pinta.

El paraje de la Piedra Pinta debe su nombre á una arenisca cuarzosa de color blanco jaspeado y veteado de amarillo, de diversos tonos que algunas veces forma líneas y fajas concéntricas que resaltan sobre el color blanco y la roca toma la apariencia de

las vetas de la madera. Esta arenisca se encuentra en la cima de la sierra, dispuesta en capas que fueron levantadas por una andesita hornbléndica micacífera, idéntica á la que se encontró al empezar á subir la sierra [véase el perfil núm. II], que tienen un rumbo de 22° NO.-SE. y un echado de 15° al SE. Como se ve, estos estratos presentan su menor pendiente hácia el E. y están cortados, formando escarpes del lado del O. No existen las dos alas del anticlinal, cuyo eje corresponde á la direccion de las capas y que coincidia probablemente con el eje de la cordillera, sino que solamente la ala izquierda del anticlinal es la que subsiste, habiendo sido destruida la ala derecha quizá en los momentos en que aparecieron las rocas ígneas más modernas del grupo de los basaltos. La roca que levantó la arenisca, es una roca de color gris de perla que está dispuesta en capas, es decir, de estructura irregularmente pizarreña ó pseudo estratificado, que podemos considerar como lava andesítica, que despues pasa por diversos grados de textura hasta llegar á ser maciza y porfídica. La andesita se extiende hasta 500 metros despues del paraje Los Alisos [véase el perfil], en donde la cubre el conglomerado de destrozos de rocas ígneas que tienen el mismo rumbo de la arenisca y un ángulo de inclinacion variable entre 5° y 30°, y que buza constantemente al E. Este conglomerado llega hasta el valle de Huachinera y Babispe, en donde ocupa la base de la formacion del diluvio del valle, sin que pueda verse si hay discordancia de estratificacion entre este conglomerado y el acarreo del valle. Siguiendo el camino de Los Alisos á Huachinera asoma en una extension de cerca de dos kilómetros en el paraje de La Cueva.

De Huachinera á Bacerac y Babispe, la formacion es del diluvio: acarreo y arcillas en todo el valle longitudinal que en otra época correspondió al trayecto torrencial del curso del rio.

*De Babispe á la márgen del rio Batepito, cerca de su confluencia con el rio de Babispe.*—Desde Babispe hasta el paraje de Tasaviri el camino va sobre lomas de acarreo y arcillas, que marcan el fondo del valle en épocas no muy lejanas, cuando el rio recibia mayor caudal de agua de las dos vertientes que limitan el estrecho valle de Babispe y tenia la fuerza suficiente para trasportar las inmensas cantidades de guijarros, grava y arena de que están compuestas. El fondo del valle en donde el rio ha abierto su cau-

ce últimamente, está formado por capas de arcilla bastante compacta que pudiera emplearse en la alfarería. La diferencia del trabajo de aluvionamiento del rio, puede medirse por las dimensiones de la grava y arena que sólo trasporta hoy en las épocas de creciente, comparándolos con los guijarros, chinas y cantos que trasportaba cuando el rellenamiento de la profunda incision que dió orígen al valle longitudinal en que están situados Huachinera, Bacerac y Babispe.

La misma formacion continúa hasta el cañon en que el rio da vuelta á la cordillera de Teras, y por el cual se comunican los valles de Batepito y Babispe, ambos longitudinales ó principales.

El lugar en que el rio cambia su curso hácia el O. se conoce con el nombre de los Pilares, por haber en ese lugar un corte de la formacion del valle, casi vertical y de 60 metros de alto, en el cual la agua de lluvia ha labrado surcos verticales paralelos, que dividen el paredon en columnas más ó ménos regulares, de base cuadrangular.

El corte descubre en este lugar, numerosas capas de espesor variable de toba-conglomerado, poco coherente, que alternan con otras capas de una arenisca de grano grueso, y sobre éstas vienen las capas de arcillas y acarreo del valle.

Adelante de los Pilares asoman diques de roca de textura traquítica, con rumbo de 60° NE.-SO., perpendiculares á la direccion del camino y completamente verticales en una parte de su trayecto y desaparecen despues cubiertos por el conglomerado y arenisca que forma el paredon de la vuelta del rio, que conserva su horizontalidad regular, como indicando que fueron depositados posteriormente á la aparicion de la roca ígnea que forma esta parte de la cordillera de Teras. Sigue esta formacion de trecho en trecho cortado por diques verticales que corren de 50° NO. SE. y otros con 20° NO.-SE.

En el paraje de la Cara Pintada, la andesita hornbléndica con mica aparece en capas verticales con un rumbo de 20° NO.-SE.; y todos los cerros de los dos lados del camino hasta más de una legua de distancia están formados de la misma roca. Aquí se encuentra una andesita gris blanquizca que parece ser de una emision anterior á la pardo rojiza que es la más abundante y constituye los cerros mencionados. La andesita blanquizca está mucho

más alterada que la pardo rojiza, su magma está casi todo trasformado en arcilla y se le ve cortada por la pardo rojiza.

Esta misma roca continúa visible hasta el paraje de Chinoverachi, y su textura sufre varias modificaciones hasta llegar á ser netamente porfídica; pues grandes cristales de feldespato se han segregado y se destacan en la masa general de la roca. La estructura es prismática imperfecta y las formas más comunes son los prismas de tres y cinco caras; en los prismas de cuatro caras las bases no son cuadradas sino rombos y romboides, siendo esta última la más comun.

En algunos lugares la roca pasa á una brecha en la cual se encuentran empastados fragmentos de andesita de colores variados, y de diferentes texturas, que son indudablemente destrozos de eyecciones anteriores: al continuar la eyeccion ó salida de la roca, la parte que se habia endurecido ya, fué despedazada y los fragmentos cementados por la roca en fusion. Esta especie de brecha ó toba ígnea, tiene una dureza inferior á la de la roca maciza, á la cual pasa en algunos puntos, y su pasta feldespática está casi completamente trasformada en arcilla, circunstancia que la hace muy á propósito para la talla y que se la pueda emplear en las construcciones como material de muy buena calidad.

Los conglomerados y areniscas de que acabo de hablar y que en otros puntos hemos encontrado debajo de las capas de acarreo y arcillas del valle, cubren por una extension de 4 á 5 kilómetros las rocas eruptivas que constituyen todos los cerros de las inmediaciones.

Hasta más allá del paraje de Los Alisos y á contar de esta parte del camino, se encuentra una roca basáltica de color negro agrisado y rojo y de textura ampollosa que pasa á amigdaloide. En las inmediaciones de Los Alisos, aparece una roca roja muy compacta, de la misma naturaleza que las descritas, pero que parece haber cambiado su textura por influencia del calor desprendido de las rocas en el momento de su aparicion, pues se encuentra formando un gran dique entre la andesita con una direccion de 45° NO.-SE. y un echado al NE. de 75°. Sigue desde este lugar, á los lados del camino y extendiéndose á una distancia considerable, la roca basáltica que hemos mencionado de Los Alisos.

Las depresiones del terreno están cubiertas por el conglomera

do y arenisca pliocena [?] con un rumbo de 15° NO.-SE. y echado al SO. de 35°, que adelante cambia hasta llegar á 20°. Hay puntos en esta region en los cuales se ve el conglomerado y toba arenosa cubiertas por acarreo y arcillas del diluvio, que está perfectamente horizontal, miéntras que el conglomerado, etc., forma un ángulo de 25° con el horizonte. Esto prueba que aquí hubo una interrupcion entre el depósito del conglomerado y arenisca que referimos al plioceno, y el acarreo y arcillas que son indudablemente del cuaternario. Estas rocas cubren todo el terreno hasta el paraje del Pedregoso, situado á la orilla del rio de Babispe.

Entre el Pedregoso y la márgen del rio Batepito, aparece formando las eminencias que separan este paraje del valle de Batepito, que es la continuacion hácia el Sur del valle longitudinal de San Bernardino, las rocas eruptivas con sus diferentes texturas que en otra parte de este informe se describen, y las capas de acarreo y arcillas, se extienden en todo el valle formando las colinas y lomeríos de circumdenudacion que lo limitan por el E. y O. Al entrar al valle se encuentra un corte natural del terreno de 60 metros de altura, que remeda un tanto el tajo de Nochistongo, pero cuyos estratos no son de la misma composicion; aquí no se encuentran las tobas pomosas y tobas con bol del tajo de Nochistongo, sino capitas numerosas de margas y arcillas con intercalaciones de una roca silizosa, muy compacta, que parece á primera vista una caliza de agua dulce [toba caliza silizosa], pero que está constituida por sílice en su mayor parte. Esto hace que se encuentren alternando capas de diferente resistencia y que sobre una capa de roca resistente venga una ó más de roca deleznable, y que el aspecto del corte tenga mucha semejanza con el tajo de Nochistongo.

Desde la márgen del rio Batepito hasta San Bernardino, el camino que seguimos fué á lo largo del valle y sobre los lomeríos que forman la falda de las sierras. La Cabellera, Pitaycachi, Los Embudos y Guadalupe, que son la continuacion de la cordillera de Teras, de la que solamente los separa la cortadura hecha por el rio para verter sus aguas en el valle de Batepito. Todas las sierras mencionadas están formadas de rocas eruptivas del grupo de las andesitas, y solamente encontramos entre Los Embudos y las montañas de Guadalupe, una sierrita de capas de caliza gris ce-

nicienta compacta y fosilífera. Por los cantos rodados que pude inspeccionar en las barrancas que bajan de ella, no me cabe duda que se trata de una caliza cretácea y muy probablemente de la serie Comanche, recientemente establecida por el distinguido paleontólogo del Geological Survey de los Estados Unidos, Dr. C. A. White, en su exploracion del cretáceo en el Sur y SO. de los Estados Unidos.

*De San Bernardino á Fronteras.*—Las casas del nuevo rancho de San Bernardino están construidas sobre malpais, lava escoriosa, probablemente basáltica, que forman las pequeñas lomas que encierran la ciénega de San Bernardino por el N. y limita por el mismo rumbo el valle de San Bernardino y Batepito. Este malpaís es probablemente el límite S. de una gran corriente de lava procedente de cerros situados hácia el N., por ser esa la direccion en que se extiende el malpais que termina inmediatamente junto á las ruinas del rancho antiguo de San Bernardino, situadas casi al S. del rancho nuevo, construido en territorio americano.

El camino para Fronteras sale al O. del rancho, y despues de cruzar cerca de su extremidad N. la pequeña sierra conocida con el nombre de San Bernardino y cerro de Gallardo, y que corre con un rumbo de 25 á 30° N.O.-S.E., pasa al valle de Agua Prieta, valle longitudinal de constitucion geológica idéntica á la del valle de San Bernardino, y su direccion general de 25° N.O.-S.E.

En la falda del cerro de Gallardo, se encuentran rocas sedimentarias cuyos elementos proceden de las rocas ígneas que constituyen la pequeña sierra que separa los dos valles, y que se presentan dislocadas, completamente verticales, con un rumbo de 10° N.O.-S.E.

Adelante, y para bajar al valle de Agua Prieta, se ve un cerro formado de roca ígnea, que tiene el aspecto estratificado, con direccion E.-O. é inclinacion de 70° al S. En los demas cerros de las inmediaciones, rocas ígneas hicieron su aparicion segun líneas que corren de 10° N.E.-S.O., é inclinadas siempre hácia el O. bajo ángulos variables entre 75° á 90°.

Aparece en seguida una toba conglomerada ígnea, casi horizontal, ligeramente inclinada hácia el E., y que unas veces forma ángulos con el horizonte, de 10°, y otras de 30°, ó los comprendidos entre ésta y la anterior inclinacion. Las capas están suma-

mente plegadas, y los pliegues son muy irregulares. No habiendo encontrado fósiles en estas rocas, ni conociendo con exactitud la época de aparicion de las rocas ígneas modernas que acentuaron el relieve de esta parte del continente, no podemos fijar con certidumbre la época en que se formaron las rocas sedimentarias de que nos venimos ocupando. Por la circunstancia de estar directamente cubiertas por el aluvion y arcillas del cuaternario del valle, y haber sido dislocadas por rocas ígneas cuya aparicion no data probablemente de época anterior al plioceno, las referimos provisionalmente al plioceno.

Valle de Agua Prieta: valle longitudinal limitado al O. por la Sierra Prieta y la Mora que corren con un rumbo general de 30° N.O.–S.E. y al E. está limitado por las Sierras de Gallardo, San Bernardino y la Ceniza, con un rumbo general de 25° N.O.–S.E., en el tramo comprendido entre la línea divisoria de los Estados Unidos y el rancho Cahuiyona. La constitucion geológica de este valle, así como de otros trasversales más pequeños, y en general de todas las depresiones comprendidas en la region explorada, es la del diluvium que se ha descrito en otras partes.

La formacion del valle se extiende sin interrupcion alguna, pasando por el pueblo de Fronteras hasta el rancho de Turicachi.

En la falda de la Sierra de Cahuiyona que queda al E. del camino de San Bernardino á Fronteras, y en las lomas que limitan al O. el vallecito de Cahuiyona, se dejan ver las tobas arenosas, verdaderas capas de arena de distintos gruesos que en el valle de Batepito hemos encontrado debajo del aluvion y arcillas del diluvium. Estas arenas cubren las tobas–conglomeradas cuya edad hemos referido con duda al plioceno.

Hasta llegar á Fronteras, el camino continúa por el fondo del valle, muy pegado á los lomeríos de circumdenudacion que lo limitan al O. y cuya altura uniformemente igual de los dos lado del valle, traen sin esfuerzo alguno á la imaginacion la sucesion de los diversos fondos ó niveles del valle, en el cual se ha labrado definitivamente su álveo el pequeño afluente del rio Fronteras que corre por él.

*De Fronteras á Moctezuma.*—Como se ha dicho anteriormente, la formacion de Fronteras se continúa sin interrupcion hasta Turicachi, en donde aparecen las rocas ígneas andesíticas y basálti-

cas cuya textura varía entre porfídica, ampollosa y amigdaloide, que forman las eminencias que circunscriben al valle de Fronteras por el O.

Adelante de Turicachi se encuentra el cerro de los Nichitos formado de rhyolita (?) blanca alterada que puede muy bien ser una andesita cuya abundancia de cuarzo provenga de la descomposicion muy avanzada de la roca; pero que es difícil decidir por la simple observacion macroscópica de la roca, siendo el estudio micrográfico de la misma el que decida de la verdadera naturaleza de la roca en cuestion. Hay además en el mismo cerro una andesita de color gris que corta y envuelve á la anterior.

Desde este punto hasta tres kilómetros en la direccion del camino hácia el E., se extiende una loma de lava rojiza más ó ménos ampollosa é idéntica á la de Turicachi. Los demas lomeríos que se descubren desde el camino, están formados de acarreo de grandes cantos y guijarros en la base, y cubiertos por gravas y arenas, sobre las cuales vienen las arenas y arcillas más modernas que se extienden en los valles.

De los Nichitos al rancho de la Pera: formacion del diluvium, y adelante, á los dos lados del camino, lomas formadas de brecha ígnea, probablemente andesítica y de color rojo parduzco. Esta brecha envuelve fragmentos de una roca gris que es indudablemente la misma andesita, pero sin haber sufrido alteracion ó metamorfismo. Esta formacion continúa hasta el cerro del Vigía, formado de una andesita de color gris claro, que tiene un rumbo de 35° N.O.–S.E. y en la cual se ve muy marcada la extructura fluidal ó en corriente del magma imperfectamente cristalizado de la roca.

Siguen lomeríos de andesita, en parte cubiertos por acarreo y arcillas del cuaternario (véase perfil nº III) que viene á terminar en la base de un pequeño lomerío de una roca de textura ampollosa de color gris claro que debe referirse á una variedad de textura del basalto plagioclásico, pero cuya naturaleza se determinará con exactitud cuando se haga el estudio micrográfico de las rocas colectadas en esta exploracion. Esta roca está cubierta por una brecha ígnea, sobre la cual viene una alternancia de capas de toba arenosa de diversos gruesos; y finalmente, en la superficie una capa de brecha de elementos más pequeños que la que descansa so-

bre la roca ígnea. Estas capas son más jóvenes que la roca ígnea en que se apoyan, pues envuelven cantos y guijarros de dicha roca.

Adelante aparece una roca gris azulada, andesita hornbléndica, que corre con 10° N.O.–S.E., y que se inclina 21° al O. El camino continúa por el fondo de una cañada formada por cerros constituidos por rocas andesíticas que tienen un rumbo de 30° N.O.–S.E. que varía en algunos tramos y pasa á 25° N.O.–S.E. El rumbo y echado de la roca cambia de un modo muy notable siguiendo el camino hácia el valle, al grado de no poder saber con certeza, en la parte baja de los cerros, la direccion de la abertura que dió salida á estas rocas.

Vuelven el acarreo y arcillas del diluvium á aparecer en esta porcion del camino, extendiéndose hasta las inmediaciones de Churunibabi, en donde se encuentra la brecha azulada y verdosa que hemos recogido en la falda de la cordillera de Teras, levantada por el basalto.

Continúa el acarreo y arcilla en el fondo de la cañada, y las rocas andesíticas en los cerros que la forman, hasta llegar al Mineral de Nacosari, en donde predominan rocas verdosas, que se han descrito en México como pórfidos dioríticos y anfibólicos, y que en mi concepto no son sino variedades de textura de andesitas anfibólicas, esto miéntras el estudio al microscopio revela su verdadera composicion, pues es bien sabido lo expuesto que es clasificar las rocas por sus caracteres exteriores, tanto más cuanto que en México he tenido oportunidad de descubrir que muchas de las rocas que se han clasificado como traquitas y pórfidos traquíticos, y en las cuales se presentan cristales de feldespato que tienen todo el aspecto de la variedad de ortoclasia que se conoce con el nombre de sanidin, están compuestas en su mayoría de feldespatos plagioclásicos, y no es sino por excepcion que se encuentra el sanidin.

Desde Nacosari hasta el valle de Cumpas continúan estas andesitas que á veces son claramente porfídicas y á veces afaníticas, semejando en todo á las rocas que para recordar su textura se les ha dado el nombre de afanitas.

El valle de Cumpas es un valle estrecho que continúa el valle de Moctezuma, al cual se une por la cañada en que se encuentra,

el pueblo de Jecori, y que es de la misma naturaleza que el valle de Moctezuma, cuya direccion média sigue con bastante aproximacion. En todo el valle sólo se ve la formacion del diluvium ya descrita, y no es sino despues de haber dejado á Cumpas que el camino corta sobre rocas ampollosas amigdaloides que pasan á rocas macizas de textura porfídica, las cuales desaparecen á poco andar cubiertas por la formacion del valle, que se extiende hasta adelante del rancho La Galera en donde se levantan lomas de lava.

Continúan despues del lado izquierdo del rio y á lo largo del camino, cerritos formados de la roca andesítica amigdaloide que se describe en otra parte como constitutiva de la sierra de Bacachi.

Al cruzar el camino del rio de Moctezuma en el pueblo de Jecori, se encuentran á ambos lados cerros formados por corrientes de lava, de las cuales se distinguen con bastante claridad las cuatro capas superiores compuestas de una roca compacta gris de estructura fluidal en la base y escoriosa y de color rojizo en la parte superior, teniendo cada corriente de lava un espesor que varía entre 5 y 7 metros.

Estos cerritos de lava continúan del lado derecho del rio, pero del lado izquierdo por donde va el camino á Moctezuma, desaparece á un kilómetro y medio de Jecori, cubiertos por el acarreo y arcilla que alcanzan juntos un espesor de 25 metros.

Desde aquí empieza á ensancharse nuevamente el valle y no se ven ya más que lomas bajas, de altura casi uniforme y de pendiente muy suave que se extiende por un lado hasta la sierra de Bacachi, y por el otro, pasando por Moctezuma, hasta la sierra de La Madera que separa á Moctezuma de Tonibabi. Estas lomas están formadas de acarreo y de arcillas, y deben su forma y dimension á la accion erosiva de la agua corriente, muchísimo más poderosa y activa á principios del cuaternario que en la época actual, en que ha venido á disminuir tanto su energía, que seria un mal factor si lo empleáramos para medir la poderosa accion que ejerciera cuando el rellenamiento de los valles y el asurcamiento posterior de ellos, para dar salida á las aguas recogidas por las vertientes de las numerosas sierras que se encuentran en esta región del país.

**Estudio macrográfico de las rocas colectadas en la exploracion.**

*Granito.*—Color blanco manchado de verde negruzco; textura cristalina granítica á cripto-cristalina, pasando por las variedades de cristalina porfiroide, cristalina granular y cristalina fina; fractura desigual de grano grueso en unos ejemplares, á grano muy fino en otros.

*Composicion mineralógica.*—Feldespato rosado, cuarzo, mica negra, verdosa y dorada en pequeña cantidad.

*Yacimiento.*—Este granito lo he encontrado formando lomeríos en diversos puntos del Estado, y en el camino de Moctezuma á Guásabas se encuentra asociado con rocas ígneas del grupo de las andesitas, sin que me haya sido posible todavía averiguar si es contemporáneo ó anterior á ellos; por la circunstancia de encontrarse más adelante, en el camino de Mazocahui á Moctezuma, cortado por las andesitas semi-vidriosas, lo considero como granito terciario, probablemente del eoceno y por lo mismo anterior á la aparicion de todas las rocas de tipo traquítico que forman las montañas de la Sierra Madre. Esta fué indudablemente la roca que primero levantó las capas cretáceas, cuando á fines del mezosoico, esta parte del continente se encontraba cubierta por las aguas del océano; despues, á consecuencia de la accion erosiva de las aguas, asociada á la de los agentes atmosféricos, esta roca que desempeñara el papel más importante al comenzar la formacion de las líneas de relieve en esta parte del continente y que en esa época constituia las principales eminencias, ha quedado reducida á formar los estribos y ramales últimos que invaden la llanura y dan principio á la vertiente occidental de la Sierra Madre.

*Localidad.*—Cuesta del Encino perteneciente á la sierra de la Madera de Moctezuma, que es un contrafuerte de la cordillera de Nacosari en esta porcion de su trayecto.

*Granito.*—Roca de textura cristalina muy fina, micro-cristalina, de una apariencia semejante á la de ciertos granulitas de grano muy fino; con mica negra dispuesta en capas que la dan el

aspecto de un gneis; color blanco sucio ó amarillento en lo general y atravesada por venas de color negruzco, formadas de mica biotita (?); fractura en lo general desigual en lo particular, granuda fina ú hojasa imperfecta; maciza, opaca, mate y resistente; áspera al tacto en la fractura reciente.

*Composicion.*—Cuarzo escaso, feldespato y mica abundantes.

*Yacimiento.*—En vetas segregadas en la masa del granito del número anterior, del cual no parece ser más que una variedad de textura.

*Localidad.*—Cuesta del Encino en la Sierra de la Madera, entre Moctezuma y Tonibabi.

*Cuarcita.*—Blanca agrisada á blanco amarillento sucio; textura cristalina, de grano grueso; fractura desigual, granulada á astillosa imperfecta; opaca, poco lustrosa, de lustre de vidrio á cera; dura, maciza.

*Composicion.*—Cuarzo, y en su masa diseminadas hojas de mica y sustancia verde, producto de su descomposicion, y además pequeñas partículas de galena y piritas.

*Yacimiento.*—Forma vetas en el granito de que hemos hablado bajo el número 1 de esta coleccion.

*Localidad.*—Cuesta del Encino entre Moctezuma y Tonibabi.

*Andesita hornbléndica.*—Gris azulada á pardo rojiza; maciza, dura; textura porfídica; fractura desigual; opaca mate; olor ligeramente arcilloso debido á la kaolinizacion del feldespato.

*Composicion.*—Feldespato plagioclásico y hornblenda.

*Yacimiento.*—Roca ígnea que levantó las rocas del cretáceo y probablemente las del mioceno en la region de la Sierra Madre, de la cual es el elemento más importante, por estar formada casi en su totalidad de esta roca, que puede decirse ha hecho su aparicion á fines del mioceno.

*Localidad.*—Casi todo el centro y una gran parte de las vertientes de la Sierra de Teras.

Es una roca del tipo traquítico, del grupo de las andesitas anfibólicas, de aspecto porfídico, lo cual ha motivado que se le haya considerado por unos como verdadero pórfido, y por otros como pórfido traquítico ó traquita-porfídica. Esta última denominacion es la que se ha dado en México á todas las rocas de tipo traquítico, sin que por esto se entienda que son rocas traquíticas,

pues no se ha hecho el estudio micrográfico de ellas y se les ha clasificado por sus caracteres exteriores, que como es bien sabido son insuficientes para distinguir en las rocas del mismo tipo, las que están formadas por feldespatos ortoclásicos de los formados por los plagio-clásicos.

*Andesita alterada micácea.*—Color gris azulado á pardo rojizo en la masa general de la roca, y sobre éstos se destacan manchitas de color blanco amarillento y verdoso; maciza, estructura prismática imperfecta; textura cripto-cristalina, á porfídica de grano pequeño y amigdaloide; fractura desigual de grano grueso; débilmente untuosa debido á la sustancia blanca amarillenta que está diseminada en su masa; olor ligeramente arcilloso.

*Composicion.*—Arcilla, producto último de la descomposicion del feldespato y silicatos de magnesia y fierro originados por la alteracion de la hornblenda y mica en diversos grados de descomposicion.

*Yacimiento.*—Como las andesitas del número anterior, es una de las que han desempeñado un gran papel en el levantamiento de las cordilleras, y puede referirse á fines del mioceno ó principios del plioceno, pues no hay datos suficientes para decidir su época de aparicion.

Despues que la kaolonizacion se habia verificado, los silicatos de alumina, etc., se cargaron de magnesia y se formó una nueva sustancia que conservó la forma del feldespato triclínico, dando orígen á una pseudomorfósis del feldespato por la sustancia amarillenta que se encuentra en la roca.

*Localidad.*—En la Sierra de Teras, de la cual forma casi toda la masa.

*Andesita micacífera.*—Roca de estructura pseudoestratificada; de textura criptocristalina; de color pardo azulado veteado de blanco; fractura desigual de grano fino; dura, pero cuando está muy alterada es bastante blanda; áspera al tacto.

*Composicion mineralógica.*—Feldespato plagioclásico, cuarzo (?), biotita y probablemente microlitas de hornblenda.

La roca ha aparecido en corrientes que se han ido superponiendo, y á la vista manifiesta la estructura fluidal muy marcada. En las caras de contacto de las capas sucesivas de la roca, se ha segregado la sílice y feldespato formando una capita blanca in-

tercalada en cada par de capas sucesivas de la roca, de manera que cortada trasversalmente, muestra una infinidad de líneas de color blanco, de lustre de vidrio á resinoso, que corresponden á la superficie de contacto de dos capas contiguas de la roca. En otras partes, la orientacion de los cristales de feldespato ha dado orígen á otras líneas blancas de extension muy limitada y sumamente numerosas, y son éstas á las cuales la roca debe su tendencia á hojearse ó volverse esquistosa ó imperfectamente hojosa.

La roca está bastante alterada, y su magma feldespático se encuentra en un estado de kaolinizacion bastante avanzado; los cristales de feldespato que segregados se destacaban en la masa de la roca, dándole un aspecto porfídico, han sido completamente descompuestos, y la arcilla y demas silicatos, productos de su descomposicion, han sido acarreados por las aguas, dejando impresa en el magma de la roca, la forma cristalina que afectaran ántes de que empezara en ellas la alteracion.

*Yacimiento.*—En corrientes en la Sierra de Huachinera á 30 kilómetros de Oputo y más de 1,000 metros sobre el nivel del mar.

*Época geológica.*—Es contemporánea casi de las andesitas, aunque un poco más jóven que ellas, sin que podamos fijar la relacion cronológica exacta; pero la hemos encontrado en corrientes sobre las andesitas, y la diferencia en sus épocas de eyeccion se puede decir que es insignificante, pues lo más probable es que sea la misma andesita hornbléndica, sólo que pertenece á una eyeccion inmediatamente posterior á la de la andesita hornbléndica, ó bien que sea simplemente un cambio de textura de la roca, debido á la temperatura de su aparicion, circunstancias que acompañaron su enfriamiento y diversidad de presion por ella recibida en los momentos de su salida. La mica negra, biotita, que se encuentra en su masa diseminada, es una sustancia formada por metamorfismo de la misma roca, debido al contacto de nuevas corrientes ó emisiones de roca que vinieron á facilitar la cristalizacion de la biotita á expensas de silicatos de magnesia producidos por descomposicion del feldespato del magma general y segregados despues.

*Localidad.*—Sierra de Huachinera [sierra de Teras] entre Oputo y Huachinera.

*Basalto* [?]—Color gris ceniciento claro á oscuro; macizo; grano fino á vesicular; fractura desigual de grano fino.

*Composicion.*—Feldespatos plagioclásicos [?]

*Observaciones.*—En esta roca se encuentran todas las variedades de textura, desde granular gruesa á criptocristalina; pasa por las variedades de vesicular, ampollosa, ojosa, escoriácea, etc., que generalmente presentan las rocas ígneas en circunstancias de enfriamiento, presion, etc., variables.

*Yacimiento.*—En crestones ó diques y en masas que levantan y cortan los granitos de la cuesta del Encino, entre Moctezuma y Guasabas, y que son indudablemente de las últimas erupciones de rocas ígneas en esta region anteriores al verdadero basalto.

*Localidad.*—Cuesta del Encino.

*Notas.*—En la masa de la roca se distinguen pequeños puntos rojos, que son el producto de la descomposicion de piróxenas ó anfíbolas y el magma general bastante cristalino [micro-cristalino] está en buen estado. La zona de alteracion en esta roca no pasa de tres centímetros.

*Basalto.*—Roca ampollosa muy semejante exteriormente á la anterior.

*Yacimiento.*—En reventazones formando las eminencias de la sierra de Huachinera en la vertiente occidental; hizo su aparicion en el plioceno, pues levantó el conglomerado y brechas volcánicas de la cumbre de la sierra.

*Composicion.*—Feldespato plagioclásico augita y olívino.

En algunas partes la roca toma el aspecto amigdaloide, debido á la infiltracion posterior y depósito en las hoquedades de la roca, de sustancias que parecen ser del grupo de los zeolitas más ó ménos alteradas, hasta trasformarse completamente en carbonatos de cal, etc., de textura terrosa y á veces cristalina.

*Lava de San Bernardino.*—Lava de color negro agrisado; de textura variable entre compacta y ampollosa; resistente.

*Composicion.*—La misma del basalto.

*Yacimiento.*—En corrientes que cubren las arcillas y margas del cuaternario.

*Localidad.*—Inmediaciones del Rancho de San Bernardino en la línea divisoria entre México y los Estados Unidos del Norte.

*Andesita alterada.*—Roca de textura traquítica, más ó mé-

nos ampollosa; de color gris claro; de fractura desigual; resistente, etc.

*Yacimiento.*—El mismo de las andesitas de la sierra de Huachinera.

*Localidad.*—Paraje Los Alisos en donde desaparece debajo de las tobas y margas del cuaternario.

*Composicion.*—Feldespato plagioclásico con poca mica y hornblenda.

*Andesita.*—Color pardo rojizo de distintos tonos; textura porfídica bastante compacta que algunas veces pasa á vesicular y amigdaloide; fractura desigual que tira á astillosa; maciza, áspera; olor arcilloso muy marcado cuando se humedece ó arroja el aliento sobre ella.

*Composicion mineralógica.*—La pasta general, magma general de la roca está bastante alterado; y es á la sobreoxidacion del fierro á lo que debe el color rojizo que la caracteriza. Los óxidos de hierro provienen indudablemente de la piróxena ó anfíbola que contiene la roca.

*Yacimiento y época geológica.*—Los mismos que los de la andesita hornbléndica de la sierra de Huachinera.

*Brecha andesítica.*—Brecha de pequeños fragmentos generalmente comprendidos entre 2 y 6 centímetros; color variable aunque predominando los gris azulado y pardo rojizo.

*Composicion.*—Grava y guijarros de rocas andesíticas ricos en mica negra y dorada; más ó ménos metamorfizados y algunos completamente afaníticos.

*Yacimiento.*—En masas irregulares que ocupan la falda de la cordillera de Teras y Nacosari.

*Toba arenosa.*—Roca de textura granuda á brechifermo de grano grueso que encierra algunas chinas y gravas procedentes de rocas de textura traquítica; blanda, poco resistente á desmoronadiza.

*Composicion.*—Detritus de rocas andesíticas, y por consiguiente abundancia de arcillas y todos los productos de la alteracion del magma feldespático de las rocas.

*Época geológica.*—Es la roca directamente levantada por las andesitas en la Sierra de Huachinera, y es la misma que en estratos ligeramente inclinados, sirve de apoyo á las de acarreo y

margas arcillosas del cuaternario en los valles. Esta roca la he encontrado cubriendo á una brecha andesítica, verdosa y azulada, que he referido al plioceno; así, pues, ésta debemos de considerarla como postpliocena, ó quizá de la cima del plioceno; pero hasta ahora no he podido descubrir con exactitud las relaciones estratigráficas de ellas, aunque aparentemente en los puntos en que las he visto en contacto, me las he encontrado en estratificacion concordante.

*Localidad.*—Los Pilares, paraje á la orilla del rio de Babispe, en el lugar en que voltea para cambiar su curso al Sur.

*Arenisca cuarzosa.*—Arenisca de color blanco amarillento y rosado, que pasa á pardo rojizo y á amarillo de diversos tonos; apizarrada ú hojosa, de grano muy fino que pasa á compacta y granuda gruesá; sumamente plegada y ondulada, lo que hace que tenga el aspecto amaderado; dura y bastante resistente.

*Composicion mineralógica.*—Cuarzo, feldespato? etc.

*Yacimiento.*—En capas sumamente dislocadas y plegadas, que han sido levantadas por las rocas ígneas que forman la cordillera de Oposura y Bacachi.

*Época geológica.*—Estas rocas han sido formadas probablemente durante el eoceno y parte del mioceno, y todavía frescas, y por consiguiente dotadas de suficiente flexibilidad, fueron levantadas y trastornadas por las rocas ígneas de la cuesta de Bacachi. La direccion en la cual tuvo lugar la aparicion de la roca ígnea es con poca diferencia la direccion de la cordillera, de manera que puede decirse que tanto en este caso como en todos los demas referentes á la cordillera de la Sierra Madre, la direccion de las cordilleras es con poca diferencia la misma que la de las aberturas ó grietas que se produjeron en la costra terrestre cuando la eyeccion de esta inmensa cantidad de rocas ígneas que constituyen el gran macizo montañoso que se designa con el nombre de Sierra Madre.

*Localidad.*—Cerro Pinto á inmediaciones de Moctezuma, Distrito del mismo nombre.

*Arenisca cuarzosa.*—Textura granuda, de grano fino; color variable entre gris ceniciento y negro agrisado; compacta, dura; superficie de fractura desigual.

*Composicion.*—Cuarzo en granos muy pequeños, feldespato

abundante, blanco amarillento y alterado. Contiene como elementos accesorios, mica alterada y probablemente hornblenda.

*Yacimiento.*—En capas dislocadas por las rocas ígneas del tipo traquitoide, que abundan en la Sierra Madre.

*Localidad.*—Falda N. del cerro de Gallardo, entre el valle de San Bernardino y el de Agua Prieta.

*Arenisca cuarzosa feldespática.*—Arenisca de grano fino, hojosa, que se separa muy fácilmente en capitas paralelas á la direccion de su estratificacion: de estructura apizarrada; color que varía del blanco al amarillo rojizo: zonado ó en capas concéntricas irregulares que dan á la roca el aspecto de la madera; poco coherente en la roca alterada, bastante resistente en la roca no alterada (y sobre todo en la roca endurecida por metamorfismo); fractura desigual de grano fino; áspera, de olor arcilloso muy ligero, debido á la descomposicion del feldespato; mate y opaca.

*Composicion mineralógica.*—Cuarzo y feldespato alterado, y arcilla, último grado de la descomposicion del feldespato.

*Yacimienlo.*—En capas levantadas por las rocas andesíticas de los números 4 y 5 en la parte superior de la Sierra de Teras.

*Edad.*—Estas areniscas están desprovistas de fósiles y enteramente aisladas en la parte superior de la sierra, de manera que no tenemos ni la ayuda de la paleontología ni la de la estratigrafía para poder fijar con certeza la época de formacion de esta roca; pero atendiendo á que es la roca más moderna levantada por las andesitas de la Sierra de Teras, y aceptando que la aparicion de las últimas tuvo lugar á fines del mioceno, podemos provisionalmente referir esta arenisca al mioceno, miéntras encontramos su verdadera posicion ó enlace con las rocas sedimentarias del cretáceo, ó las modernas del plioceno.

*Nota.*—Esta es una roca metamórfica, que en su estado normal es ménos coherente ó resistente, y que está formada por los detritus del granito, que formó los primeros levantamientos que dieron orígen á la Sierra Madre. Ahora bien, estas areniscas poco coherentes en los momentos de la eyeccion de las rocas ígneas que motivaron su dislocamiento, fueron llevadas á una temperatura bastante elevada para aglutinar los granos de cuarzo y feldespato, ántes débilmente unidos, y se verificó en ellas el caso de metamorfismo de contacto, por el cual no sólo se aumentó su du-

reza, sino que tambien el color fué modificado, debido á que el hierro que se encontraba en ellas en pequeñas cantidades, como producto de la descomposicion de la hornblenda misma, fué trasformado en sexquióxido de hierro, que es el gran colorador de las rocas en esta region. En cuanto á la disposicion en zonas del color producido por el sexquióxido, se explica por la infiltracion de las aguas en la juntura de las rocas asociada á su agua de cantera que permitieron al principio colorante su propagacion en la masa general de las capas metamorfizadas.

*Localidad.*—Cumbre de la Piedra Pinta en la Sierra de Huachinera (cordillera de Teras) en el camino de Oputo á Huachinera á 21.$^{k}$130 de Oputo y 1260 metros sobre el nivel del mar.

*Yeso fibroso.*—Color blanco.

*Yacimiento.*—Intercalado en capas de margas y arcillas que se encuentran inmediatamente debajo del acarreo (aluvion) de gruesos guijarros, que forma el valle longitudinal, y en el cual la accion erosiva del agua que se reune de las vertientes de la sierra, ha labrado el álveo de los pequeños afluentes que por los talwegs bajan á aumentar en la estacion de las lluvias el caudal del rio. La erosion se ha ejercido con suma actividad en los blandos estratos del valle y los ha carcomido y recortado, etc., de manera de darle una disposicion en graderías que bajan desde la ladera de los cerros que ya forman parte de la vertiente de la Sierra hasta el centro del valle. El aspecto de estas terrazas, terraplenes ó graderías es sumamente interesante, y sus distintos niveles marcan los fondos sucesivos del valle, que han quedado en alto á consecuencia de la incesante accion niveladora del agua en movimiento, y probablemente tambien á causa de ligeras y sucesivas oscilaciones que han tenido lugar despues de la aparicion del macizo de las montañas, cuando las rocas sedimentarias del valle, por su espesor y peso creciente, han venido á tomar posiciones más y más bajas que reclaman la estática aparente del planeta.

*Localidad.*—Arroyo de Aguacaliente en el camino de Guasabas á Oputo.

---

La region en la cual el temblor del 3 de Mayo se sintió con mayor intensidad y en la que por consiguiente hizo sus mayores extragos, es la porcion N.E. del Estado de Sonora y con es-

pecialidad la parte N. del Distrito de Moctezuma y la N.E. del de Arizpe. Era esta la region que por hallarse más inmediata al epicentro del fenómeno seísmico y por la especial constitucion geológica del terreno, así como la disposicion de los elementos orográficos, el temblor debia de sentirse con intensidad notablemente muy superior á la de otros puntos, que no obstante estar situados á distancias muy cortas é insignificantes para fenómenos de esta naturaleza, el paso de la onda seísmica y sus consecuencias fueron incomparablemente muy débiles, por la proteccion que les prestara la interposicion de las cordilleras que destruian en parte dichos efectos.

Los efectos producidos han sido bastante variados para que merecieran un estudio detallado, tanto por la importancia que dichos efectos tienen como comprobantes de algunas de las teorías que más aceptacion han recibido, como porque reuniendo todos esos datos se podrá llegar más tarde á deducir de ellos la verdadera explicacion de los fenómenos seísmicos.

Al llegar á Babispe, que como es sabido fué el lugar que sufrió más con la conmocion del 3 de Mayo, tuve el sentimiento de encontrar que muchas de las ruinas habian sido removidas por los habitantes, que teniendo necesidad de construirse un nuevo hogar, habian ido á buscar las vigas y útiles que pudieran haber resistido al derrumbe de las casas, para utilizarlos otra vez.

### Marcha y duracion del fenómeno.

De los informes recogidos de todos los habitantes de los pueblos recorridos en esta exploracion, con el objeto de poder conocer la marca de los movimientos seísmicos del 3 de Mayo de 1887, resulta: que la mayoría está de acuerdo en que despues del medio dia, cuando reinaba la calma más absoluta, así como la limpidez más perfecta del cielo, que desearse pueda en esta parte del país dotada siempre de un cielo despejado, se hizo sentir de improviso la tremenda vibracion de la costra terrestre, que en unos cuantos segundos convirtiera en ruinas el pueblo de Babispe, causando la muerte á 42 de sus habitantes y dejando 29 mal heridos. La sa-

cudida principal fué precedida de un ruido sordo subterráneo bastante intenso, que parecia proceder de los cerros situados al N.O. de Babispe. A esta vigorosísima sacudida siguieron otras en número de dos á tres de intensidad un poco menor.

Segun las apreciaciones de las poquísimas personas que pudieron conservar algun tanto su tranquilidad de ánimo y que por lo mismo podian juzgar con más exactitud de la marcha del fenómeno, así como de los desastrosos estragos que originara, la sacudida principal fué precedida de vibraciones relativamente muy débiles; pero difíciles de apreciar por la generalidad de los moradores que se entregaban en esos momentos á la siesta. Declaran que la duracion total del fenómeno no excedió de 40″; que las sacudidas en su duracion siguieron la misma proporcion que en su intensidad, siendo de 10″ á 15″ la duracion de la sacudida, que echó por tierra los edificios y de 5″ á 10″ la de cada una de las otras que la sucedieron, y que los intervalos que las separaron eran sumamente cortos, calculando que no excedian de 4″ á 5″.

Es, en mi concepto, la última asercion, aunque sostenida por menor número de individuos, la que representa mejor la sucesion de los movimientos seísmicos; y es casi imposible que personas de por sí poco observadoras, y que por otra parte estaban poseidos del pánico más aterrador, pudiesen apreciar la marcha de un fenómeno para ellos tan desastroso como desconocido. Todos los que pudieron salir de sus casas, declaran haber sentido un primer movimiento que les produjo una especie de mareo ó vahido y haber tenido tiempo de discutir, ántes de ponerse en salvo, la naturaleza del fenómeno que experimentaban y convencerse, segundos despues, por el vaivén de las paredes, que se trataba de un temblor de tierra, y dando el aviso á sus parientes y personas inmediatas, salir para presenciar inmediatamente despues la destruccion instantánea de Babispe.

Desde entónces hasta la fecha, no ha cesado de temblar, sólo que los temblores han sido de intensidad variable; pero siempre muchísimo más ligeros que el del 3 de Mayo, y los intervalos que entre ellos median, aunque bastante irregulares van siendo mayores á medida que va pasando el tiempo. En los dias que siguieron al 3 de Mayo, los temblores se sucedian con mucha aproximacion, pues hubo dias que se sintieran 6 y 8; pero des-

pues disminuyó el número á tal grado, que durante mi permanencia en Babispe, que fué de 15 dias en el mes de Agosto, sólo experimenté dos; uno fuerte y ligero el otro, siendo ambos oscilatorios y de duracion de 5″ el primero y de 3″ el segundo, con direccion aproximada de N.O. á S.E., sin poder determinar con exactitud el verdadero azimut, por no llevar los instrumentos indispensables.

Para que se pueda juzgar de la frecuencia con que se repiten los temblores en la region N.E. del Estado de Sonora, adjunto el registro que con bastante empeño y escrupulosidad ha formado el Jefe de la Seccion Aduanal establecida en Babispe, Sr. Emilio Kosterlitzky, que fué como es sabido, el que primero dió una noticia interesante de este fenómeno.

**Extension abrazada por el fenómeno y modo de propagacion.**

El movimiento seísmico que estudiamos no alcanzó en todos sentidos la misma distancia, sino que ésta fué notablemente mayor al S.E. que en cualquiera otra direccion, y se extendió en una zona bastante grande, cuyo límite S. fué el Valle de México; al E. el Bolson de Mapimí, al O. el Golfo de California y el Pacífico, y al N. una línea oblícua y sinuosa que se extiende de Santa Fe, en Nuevo México, hasta la confluencia de los rios Gila y Colorado, pasando al S. de Prescott en Arizona. La zona abrazada, aunque de contorno irregular, circunscribe un triángulo cuyos vértices respectivos fueron Santa Fé, el Fuerte Yuma y la ciudad de México y comprende, de acuerdo con los límites fijados ántes, una superficie de 1.200,000 kilómetros cuadrados.

De la forma y dimensiones que presenta la zona en que el movimiento seísmico fué perceptible, resulta que la situacion de las montañas ha influido notablemente en la manera con que se propagaron las ondas seísmicas; no presentando una barrera infranqueable al movimiento; pero sí debilitándolo notablemente cuando su direccion ha sido perpendicular á la de las montañas; siendo ésta la razon por la cual la onda alcanzó menor distancia al E. y

al O., miéntras que se extendió más hácia el S.E. por ser esa la direccion general de los elementos orográficos en la parte occidental de la República Méxicana. Debo citar en apoyo de lo ántes expuesto, que los valles y depresiones de toda esta region son más jóvenes que los macizos montañosos, en su generalidad compuestos de rocas eruptivas y por consiguiente que propagan los movimientos con más facilidad en el sentido de su mayor dimension, en el cual se conserva uniforme la resistencia, que en el sentido perpendicular á ella, pues que en este último caso la energia de la sacudida se disipa en las rocas sedimentarias poco coherentes, casi sueltas, que se reclinan en las faldas de las montañas.

### Agrietamientos, hundimientos, derrumbes, etc., originados por el temblor.

En la Hacienda de la Cruz, al Norte de Granados, se formaron varias grietas, entre las cuales se encuentran dos de mucha consideracion. La mayor tiene una longitud de 180 metros, con una anchura variable desde 2 centímetros hasta 1 metro, y profundidad máxima de $2^{m}25$; el rumbo es de 38° N.O. S.E., y las paredes de la grieta están inclinadas hácia el S.O., bajo un ángulo de 80°. La otra grieta está situada á 20 metros al N. de la anterior, tiene 70 metros de largo, y el ancho máximo de 50 centímetros de profundidad, variable dentro de los mismos límites próximamente que la primera, con rumbo de 35° N.O. S.E., y la misma inclinacion.

Hay además otras grietas de menores dimensiones, 5 á 10 metros, cuya direccion no es igual á la de las dos más grandes, sino que las cortan perpendicularmente, y encuéntranse otras que forman con las dos principales, ángulos de 10° á 15°. Las grietas forman una gran zona de 10 metros de ancho, y están á 800 metros de la márgen del rio de Oputo.

Al N. de Bacerac, y á 3,350 metros, siguiendo el camino que va á Babispe, se encuentra una serie de cuarteaduras, que ocupan una zona de 250 metros de ancho, comprendida entre un lomerío bajo, llamado loma del Burro, y la márgen izquierda del rio de Babis-

pe. Estas grietas forman sobre el terreno líneas sinuosas, cuya direccion general es de 5° N.O. S.E., y algunas tienen una longitud que pasa de 100 metros; siendo la principal de 170 metros de largo, ancho mayor de 5 metros y mayor profundidad de 3 metros.

El terreno en que están situadas estas grietas, es como el de todas las grietas que se encuentran en el valle, el de aluvion y arcillas del diluvio de todos los valles recorridos en esta exploracion.

Las grietas formadas en las inmediaciones de Babispe, fueron las siguientes: En la Hacienda La Fundicion, al E. de Babispe, numerosas grietas que tienen una anchura de $1^{m}30$, profundidad de $1^{m}15$ y longitud de 60 metros, con un rumbo de 40° N.O. S.E. En la Hacienda de la Galera tres grandes cuarteaduras que corren en 45° N.O. S.E., repartidas en una faja de terreno de 15 metros de ancho, que se ha hundido 60 centímetros. En el lugar conocido con el nombre de el Callejon, á cosa de 200 metros del pueblo, se formaron las grietas más grandes y de mayor profundidad en todo el valle longitudinal en que se encuentran las poblaciones de Huachinera, Bacerac y Babispe. Las dimensiones de la más grande, son las siguientes: largo 270 metros, ancho 4 metros, y profundidad 3 metros.

Segun me informaron los habitantes de estos lugares, las grietas todas vomitaban agua, acompañada de un sarro fino de color amarillento, que tuve oportunidad de ver á los lados de los bordes de las grietas, y es arena sumamente fina, en un todo idéntica á la del rio que pasa á 800 metros del lugar, y que fué arrastrada por el agua en el momento en que brotó por las nuevas salidas que le presentaba el terreno, despues de la fuerte sacudida que inició la serie de temblores que no ha terminado todavía.

Las grietas en su mayoría se han abierto en los valles, en las inmediaciones del álveo actual del rio, pues la más lejana dista apénas 890 metros de la márgen del rio, en terreno de acarreo y arcillas pertenecientes al diluvio, siendo siempre paralelas á la direccion del rio. Las grietas de más importancia son las que están más inmediatas al rio, y los hundimientos son proporcionalmente más grandes á medida que están más cercanas al cauce del rio, de suerte que forman una especie de gradería irregularmente

distribuida á los lados de su cauce, pues en una misma direccion es raro encontrar más de tres hundimientos sucesivos, siendo muy frecuente encontrar dos, y raras veces uno aislado.

En el valle de Batepito, en la faja oriental comprendida entre el rio del mismo nombre, que corre á lo largo del valle y la falda de las sierras que continúan la cordillera de Teras (véase el cróquis que acompaña este trabajo), los efectos de dislocamiento y los mecánicos originados por el temblor, se manifestaron con su máxima intensidad; siendo en esta misma porcion del valle en donde debemos localizar el epicentro del fenómeno seísmico del 3 de Mayo. En el fondo del valle, y muy cerca de la márgen izquierda del rio, el terreno se agrietó con bastante irregularidad en una extension de 2 kilómetros cuadrados; ahí los movimientos verticales predominaron sobre los movimientos oscilatorios, es decir, que el choque ó percusion del interior se propagó hácia la superficie segun la vertical, y el terreno en toda esta porcion se encuentra hundido, además de haber participado del deslizamiento que acompañó á la apertura de la gran grieta ó falla que apareció en la falda de las sierras de La Cabellera, Pitáycachi, Los Embudos y Guadalupe, con una direccion paralela á la de estas sierras, y por consiguiente á la del valle que circunscriben.

La gran cuarteadura con deslizamiento (falla) empieza á 100 metros de la márgen derecha del rio Babispe, en un cañon que comunica el valle de Babispe con el de Batepito, y que segun el guia que llevamos se conoce con el nombre de Cajon del Álamo. La falla se abrió en terreno de aluvion, que descansa sobre una andesita gris azulada de que se ha hablado en otra parte, que se encuentra á una profundidad de 10 metros. La anchura empieza siendo sumamente pequeña, pues en el orígen es una verdadera línea, que rápidamente se ensancha hasta $0^{m}15$, los cuales conserva por alguna extension de su trayecto. Las paredes de la apertura son perfectamente verticales, y sus bordes se conservan exactamente al mismo nivel. En cuanto á la profundidad es sumamente difícil valuarla con exactitud, tanto aquí como en toda la longitud de la falla, pues los derrumbes de las paredes y las lluvias han cegado la hendidura, conservando aquí una profundidad de $10^{m}90$.

La falla forma á lo largo de las sierras de La Cabellera, Pitáy-

cachi y Los Embudos, en cuya falda se abrió, una línea sinuosa, cuya direccion média es paralela á dichas sierras, que son la continuacion de la cordillera de Teras. Presenta, vista de léjos, el aspecto de una gran cerca de piedra que se hubiera construido en la falda de dichas sierras, pues la pared occidental de la falla se ha hundido, y con ella todo el valle en su parte oriental hasta cerca del rio Batepito, dejando á descubierto el frente ó reliz de la pared oriental de la falla.

Al partir de su orígen, y á unos cuantos metros de distancia, la falla se bifurca en dos líneas que forman un ángulo de 12°, siendo la direccion de la rama principal 38° N.E. S.O. y la otra 26° N.E. S.O. En este corto trayecto de la falla no hay hundimiento y los dos labios ó bordes de la grieta se conservaron al mismo nivel.

Desde el extremo de la falla en la orilla derecha del rio Babispe, hasta unos 110 metros de distancia en su trayecto, tiene un rumbo de 5° N.E. S.O. Sigue la falda de los pequeños cerros de la vertiente occidental de la cordillera de Teras en su prolongacion al N., y se encuentra abierta en capas de aluvion y detritus de las rocas andesíticas que constituyen el macizo de la Sierra Madre, de un espesor de 4 metros que descansan sobre la brecha azulado verdosa que hemos descrito de la falda de las cordilleras, y que está constituida por destrozos de andesita de diversas variedades de textura. Al llegar á este punto se encuentra con una pequeña eminencia, formada de la brecha andesítica de que acabamos de hablar que descansa en rocas andesíticas, y por consiguiente le presentaba una resistencia mayor; la falla se desvia de su direccion primitiva é inclinándose más hácia el E. cambia su rumbo de 5° N.E. S.O. á 30° N.E. S.O., es decir, forma en esta direccion un ángulo de 25° con la que traia ántes de encontrar esta eminencia.

Ya en este trayecto se nota el resbalamiento de la pared occidental de la grieta, y alcanza una dimension de $0^m60$ á 1 metro. Sigue la grieta encaramándose en la ladera de la sierra, dejando á la izquíerda la eminencia que la obligara á cambiar de rumbo, y cambia su direccion nuevamente por la de 20° N.E. S.O. Con este mismo rumbo continúa hasta cortar la loma siguiente, que parte casi por la mitad, conservando una anchura que no excede

de $0^m80$, un deslizamiento que no pasa de 1 metro, y una profundidad, que varía entre $1^m20$ y 2 metros.

La falla sigue la direccion média de 20° N.E. S.O., por un tramo considerable que comprende desde su extremidad Sur hasta el punto en que corta el camino de Batepito á Babispe (véase el cróquis topográfico). En todo este tramo la falla sube y corta con la direccion general que trae los lomeríos que limitan el valle de Batepito al E. Unas veces corta los pequeños talwegs, dejando en el terreno una traza que es completamente recta, y al subir las lomas su traza es una curva cuya concavidad ve hácia el O., es decir, al valle; y otras forma curvas, tanto en los talwegs, como en las lomas, siendo de notar que generalmente las curvas de las lomas son más comunmente cóncavas vistas desde el valle. Puede decirse que en este tramo la falla está compuesta de elementos curvos que siguen una direccion general comun; pero no así en el resto de la falla, en donde como se verá despues, se descompone en cada una de estas curvas en elementos de direcciones diversas, siguiendo siempre la resultante la direccion de la tangente de la curva, ya sea cóncava ó convexa, considerada desde la parte baja del valle.

En el punto en que la falla corta el camino de Batepito, el resbalamiento de la pared occidental es de $2^m70$, el ancho de $1^m50$, y la profundidad de 4 metros. Las paredes no son verticales, sino que están inclinadas, formando con la horizontal un ángulo de 75° en una porcion de la grieta, y 88° en otra muy inmediata y situada al N. de la primera. Tanto la profundidad, como la inclinacion, son las que tenia la grieta cuando hicimos nuestro reconocimiento, y como éste fué hecho despues de que habian caido algunos aguaceros, y se habian repetido algunos fuertes temblores, es indudable que el azolvamiento de la falla por la lluvia ha disminuido sensiblemente la profundidad, y muy probable que las sacudidas hayan desprendido de la pared oriental de la grieta grandes fragmentos, y que la inclinacion de dicha pared se haya modificado sensiblemente; pues como he dicho en otra parte, la falla se abrió en toda la extension en lomas de acarreo y arcillas, de cohesion sumamente débil, y es fácil comprender que cortadas estas capas de manera que formaran un ángulo menor de 90°, y que su pared estuviese volada por falta de apoyo, el peso fuera suficien-

te para vencer la resistencia de la muy débil cohesion que une los elementos de las capas; y si á esto agregamos los movimientos del terreno que han seguido al temblor del dia 3 de Mayo, es inconcuso que las paredes no conservan ahora la inclinacion que tuvieron cuando se abrió la grieta.

De este punto al N. la grieta se inclina primero al N., despues al O., teniendo en una extension de 5 kilómetros un rumbo de 10° NE.–SO. Cambia su rumbo despues por el de 20° NO.–SE. que conserva en un corto tramo y se desvia hasta 10° NO.–SE. Así continúa unas veces desviándose al E. y otras hácia el O. de la línea pero sin pasar jamás de estos dos cuadrantes.

En las inmediaciones del cajon de La Cabellera, la gran cuarteadura tiene un rumbo de 20° NO.–SE. con un ancho de 2 á 3 metros y un hundimiento de su pared occidental de 8 metros. Despues de seguir con este rumbo por una extension de 600 metros, cambia su direccion por la de 10° NO.–SE. En el paraje del Peñasquito tiene la direccion N. S., una anchura de 4 metros y una profundidad de 4.$^{m}$50, observándose que la abertura se ha rellenado con los derrumbes de sus paredes, lo cual hace creer que en este punto la grieta recientemente abierta tenia una profundidad más considerable de la que tuviera en todo el trayecto al S. de este punto.

Al pasar de la Sierra de La Cabellera á la de Pitáycachi, la grieta cambió su rumbo nuevamente por el de 22° NO.–SE., conservando siempre hundido el borde occidental á una profundidad de 4 metros, que se puede considerar como constante en el tramo comprendido entre este punto y el anterior. Como en todos los demas puntos en que hemos visitado la falla, ésta está abierta en terrenos de aluvion, de que están formadas, como se ha dicho en otra parte, las lomas todas que circunscriben los valles, y en las cuales empieza ya el ascenso á las laderas de las montañas.

La falla entre este punto y Los Embudos sigue cambiando su direccion alternativamente de 20° á 10° ó 5° NO.–SE., y despues de pasar á tener el rumbo de 5° NO.–SE., llega al arroyo de Los Nogales formando un recodo que desvia su rumbo á 10° NO–SE. Continúa el hundimiento de la pared occidental de la falla entre 1.$^{m}$80 á 2.$^{m}$50 y conserva sus paredes con una inclinacion de 80° próximamente. En el cañon de Los Embudos la falla corre con

30° NO.-SE. y el hundimiento no pasa de 2.$^{m}$50 así como la anchura y profundidad se conservan próximamente de las dimensiones señaladas en el punto anterior.

Al pasar de la Sierra de Los Embudos á la de Guadalupe la falla cambia su direccion por la de 40° NO.-SE., y empieza á formar una gran curva, cuya tangente del punto medio tiene una direccion de 55° NO.-SE., y corre despues casi de E. á O., y finalmente, adquiere una direccion média de 42° NO.-SE. hasta el fin de la falla que se encuentra en el borde de la barranca de Cuchubérachi. (Véase el cróquis.)

La falla cerca de su extremidad N. conserva sus dos bordes casi al mismo nivel, pues que el hundimiento alcanza apénas unos 0.$^{m}$20. La inclinacion de la pared sobresaliente es de 75° al E., no considerando esta inclinacion como la verdadera, dada la débil cohesion que une los guijarros y cantos rodados, así como las arenas de que está formado el aluvion de las paredes de la barranca en que termina la grieta. Respecto del ancho que tiene en este mismo tramo es sumamente corto, pues no pasa de 0.$^{m}$40 á unos 500 metros de la extremidad, en cuyo punto seria casi una línea, á no impedirlo lo suelto del terreno. La profundidad medida á unos 400 metros de la extremidad es de 7.$^{m}$50.

La gran cuarteadura, cuya situacion y dimensiones acabamos de describir, no se presenta sola, sino que, como la generalidad de estos fenómenos viene acompañada de un séquito de cuarteaduras de segundo y tercer órden, cuyas dimensiones varian desde unos cuantos metros hasta 2,000 y 3,000 metros; éstas están situadas generalmente á los lados de la principal y á poca distancia de ella, abarcando á veces una zona de 300 metros de ancho. La direccion de las cuarteaduras de segundo órden, es generalmente paralela á la de la principal, ó forman con ella ángulos agudos, cuya amplitud no pasa de 15° á 20°; miéntras que la de las de tercer órden es próximamente perpendicular á la direccion de la principal.

Como se ha dicho en otra parte, la traza de esta falla ó gran cuarteadura en la falda de las sierras de la continuacion de la cordillera de Teras, no es una línea recta, sino una línea sinuosa, compuesta de elementos rectos y curvos, cuya concavidad, sin excepcion alguna, está volteada siempre hácia el lado del valle, que

es adonde se ha verificado el hundimiento general. Debo además hacer notar la constancia de un fenómeno que se repite con toda regularidad en todos los puntos del trayecto de la falla, en los cuales enlaza un tramo recto con un curvo, y es el siguiente: que siempre el tramo recto se prolonga tangencialmente á la curva hasta distancias que varian entre 10 y 800 metros, y que al continuarse la curva por un tramo recto, éste jamas al prolongarlo viene á ser secante á ella, sino que siempre le es tangente, sin que en este caso haya ninguna grietea ó cuarteadura que prolongue dicho elemento recto, cuya circunstancia se repite siempre al pasar de un elemento curvo á uno recto, lo cual en nuestro concepto indica que la grieta se fué formando en el sentido que la hemos descrito, que es el mismo en que la seguimos en el terreno, y que, como puede verse en el cróquis adjunto, tiene una direccíon general, comprendida entre 10° y 15° NO.–SE., terminando en sus extremos por líneas que se inclinan mucho hácia el O.

Tratar de describir cada una de las pequeñas grietas seria trabajo superfluo, pues como se acaba de indicar, tanto su direccion como dimensiones, no suministran dato alguno nuevo despues del conocimiento de la situacion y direccion de la grieta principal, de la cual no forman sino el cortejo, y su aparicion, como se indica ántes, es consiguiente á la de la falla que se describe.

El epicentro del temblor ó lugar de donde radiaron las vibraciones que se sintieron el 3 de Mayo, tiene la forma de una línea curva que se prolonga en la misma direccion qne la gran cuarteadura ya descrita, alcanzando una longitud de 2 kilómetros próximamente. Las grietas se cortan allí bajo todos los ángulos imaginables, sin que sea posible determinar en el terreno de donde irradiaron todas ellas, para aceptarlo como el punto céntrico de la propagacion superficial del temblor.

Las grietas todas tienen sus paredes casi completamente verticales, y no es sino con duda que me atrevo á decir que se desvian de la vertical unos 2° ó 3°, y en sentido opuesto, de manera que se les ve converger hácia la profundidad. El hundimiento, sin exceder de 5 metros, se ha hecho con la misma irregularidad que el agrietamiento, y á veces la faja de terreno comprendida entre dos grietas se hunde, formando entónces una especie de barranca cuyos bordes quedan casi verticales; otras veces el hundi-

miento se escalona y va siendo cada vez menor, á medida que se aleja de la region epicentral; este fenómeno se repite del lado opuesto, y el conjunto tiene el aspecto de dos graderías que se separan de la línea eéntrica. Todo esto se ve en la porcion de la faja en que se puede descubrir más regularidad en el agrietamiento y hundimiento; pero unos cuantos metros adelante se encuentran grietas que cortan estas pequeñas escalinatas, y entre ellas se verifican los mismos hundimientos, y finalmente se descubren otras que cortan á todas, viniendo á dar como resultado que el terreno se encuentra literalmente despedazado, observándose que los pedazos comprendidos por grietas de distinta importancia y direccion, presentan con frecuencia la forma rombal, de manera que ha venido á quedar el terreno reducido á numerosísimos poliedros de base rómbica, colocados á diferentes alturas. En medio de todas estas numerosas grietas de dimension y direccion variables, pueden descubrirse líneas de fractura orientadas 30° NO.–SE., 35° NO.–SE., 25° NO.–SE., 60° NO.–SE., y 45° NE.–SO., sin que se vea sobre el terreno el punto de convergencia, no obstante estar tan claramente indicado por la direccion de las grietas.

Entre la extremidad de la gran cuarteadura y la barranca de Guadalupe, se encuentran otras grietas que tienen longitudes hasta de 200 metros, anchura variable de 0.$^{m}$20 á 0.$^{m}$60 y direccion de 60° NO.–SE. para la que primero se encuentra al salir de la barranca de Cuchuverachi; la segunda está situada en la loma y tiene un rumbo de 10° NO.–SE., y la última, que se encuentra siguiendo el arroyo de Cuchuverachi hácia el S., y casi en el fondo del talweg, tiene un rumbo de 120° NE.–SO.

En el vallecito de Agua Prieta se encuentran tambien cuarteaduras de longitud de 40 á 60 metros, y rumbos de 37° NO.–SE., 55° NO.–SE., 65° NO.–SE., y anchura máxima de 0.$^{m}$80 con hundimientos del borde oriental variable entre 0.$^{m}$03 y 0.$^{m}$50, y junto de éstas, con direccion paralela ó ligeramente inclinadas, hay otras pequeñas cuarteaduras, cuyo ancho apénas excede de algunos centímetros. A la orilla del arroyo de Agua Prieta hay otro grupo de cuarteaduras, cuya direccion es de 50° NE.–SO, alcanzando la mayor de ellas la longitud de 30 metros, con un ancho máximo de 0.$^{m}$50 y profundidad de 0.$^{m}$65., con sus bordes exactamente

al mismo nivel. Encuéntranse junto de éstas á distancia de 50 metros al S., cuarteaduras más pequeñas, casi lineales, con un rumbo N.–S.

Entre el pueblo de Fronteras y el rancho de Badehuachi aparecieron, formando una zona de 15 metros de ancho, hundida 0.$^{m}$40, tres cuarteaduras de rumbo 80° NO.–SE., y de longitud de 41 metros y ancho de 0.$^{m}$35. De Badehuachi á Cuchuta hay otras tres cuarteaduras juntas, de las cuales la mayor tiene 80 metros de longitud, 0.$^{m}$25 de ancho, 0.$^{m}$80 de profundidad, con una direccion comun á todas de 20° NE.–SO.

Además de las numerosísimas grietas que se formaron en todos los valles cercanos á la region epicentral, hubo en las montañas derrumbes de mucha consideracion, á consecuencia de los cuales, bloks hasta de 200 metros cúbicos descendieron al fondo de los valles, y en algunos casos en que el valle era sumamente extrecho, los bloks al caer al fondo han rebotado hasta la ladera opuesta.

Estos derrumbes han tenido lugar en mayor abundancia en la cordillera de Teras, tanto en la vertiente del valle de Babispe y Huachinera, como en la de Oputo y Guasabas, siendo raro el pico ó cumbre de considerable elevacion, en el cual no se vea desde léjos el reguero de piedras sueltas dejado por los inmensos bloks en su descenso. Despues de la cordillera de Teras, la de Nacosari es la que tiene mayor número de picos derrumbados.

Los derrumbes de los cerros no alcanzan las mismas proporciones en lugares que están situados á la misma distancia del epicentro, ni tampoco se observa en ellos que disminuyan de importancia á medida que están más lejanos; sino que sus dimensiones son inversamente proporcionales al estado de agregacion de las rocas (cohesion) y directamente proporcionales á la intensidad de la sacudida. Así pues, á igualdad de intensidad, allí donde la roca constitutiva de los cerros ha sido más enérgicamente atacada por la incesante accion devastadora de los agentes atmosféricos, el derrumbe ha adquirido sus mayores proporciones, lo mismo que en los picachos en que habia grandes peñascos que se encontraban en un estado de equilibrio inestable, y en los cuales la más ligera oscilacion bastó para que perdieran los pocos puntos de apoyo de su estrecha base de sustentacion é hicieran con es-

truendo su rápido descenso al valle. Por otra parte, en comprobacion del aserto anterior, diré que en las montañas graníticas no he encontrado derrumbe alguno, y esto porque por una parte la configuracion de ellas siempre desprovista de agujas, picachos y crestas salientes, de acuerdo con la extructura del granito, no da lugar á los caprichosos grupos de rocas que forman verdaderos prodigios de equilibrio, que á veces presentan las montañas basálticas, traquíticas, andesíticas, etc., cuanto porque como es bien sabido la erosion no se ejerce de la misma manera, pues la roca no presenta las numerosas y profundas líneas que el enfriamiento origina generalmente en las rocas basálticas y traquíticas, etc., y por consiguiente su masa es más compacta y presenta más resistencia á los choques y sacudidas, si bien está cubierta por capas de arena más ó ménos gruesa, producto bastante avanzado de su descomposicion.

Los derrumbes de las montañas no miden en el caso actual la intensidad del fenómeno seísmico en los distintos puntos en que tuvieron lugar, y miden más bien el estado de desagregacion de la roca, así como su estado de equilibrio. Hay lugares en los cuales la sacudida fué muy débil, no teniendo la fuerza suficiente para cuartear los mal costruidos muros de las casas, y en que sin embargo, originó grandes derrumbes.

La relacion que creo haber sorprendido entre estos derrumbes y la intensidad del temblor, es la siguiente: que dentro de ciertos límites de intensidad, son directamente proporcionales á la componente horizontal del movimiento, es decir, que serán más abundantes y de mayores dimensiones en donde el movimiento sea oscilatorio, aun cuando no tenga la intensidad de otro punto en el cual el movimiento es vertical. En la region en la cual el temblor va adquiriendo un carácter oscilatorio, es donde empiezan los derrumbes, pues desviándose las rocas sueltas en la oscilacion de la vertical, la accion de la gravedad viene á unirse á la fuerza viva del choque y facilita los derrumbes. Esto es, en mi concepto, lo que ha pasado en la region explorada en que los temblores han tenido su mayor intensidad y hecho consiguientemente los mayores estragos; pues en los cerros y sierras más inmediatas al epicentro no se observa absolutamente ningun derrumbe, no obstante estar formadas de la misma clase de roca y en el mismo es-

tado general de alteracion que en otras sierras en las que se efectuaron en gran cantidad; y es á unos 20 kilómetros próximamente en donde empezaron á verificarse, debido á que en la region epicentral el movimiento fué vertical, miéntras que á 20 kilómetros el moviento era compuesto de dos elementos, uno vertical que iba rápidamente decreciendo y el otro horizontal que seguia un desarrollo inverso, siendo la resultante de los dos, el movimiento siempre retardado y de intensidad decreciente de la onda seísmica, cuyas leyes no son todavía perfectamente conocidas; pero que dependen de la resistencia de las rocas que atraviesa y de sus relaciones estratigráficas.

El plano de las ruinas de Babispe, que va al fin de este trabajo, representa con bastante exactitud los estragos hechos por el temblor del 3 de Mayo de 1887. Por la inspeccion del plano es fácil comprender que, aunque se encuentra hoy convertido en ruinas el pueblo, la destruccion originada por el paso de la onda seísmica, no es igual en todo él. Desde luego puede verse que el número de casas arruinadas es ménor en la parte occidental que en la parte oriental, que las situadas al N. sufrieron más que las situadas al S.

Considerados los muros aisladamente, y tomando en cuenta solamente su orientacion, se ve que los que corrian de E. á O. resistieron mejor el paso de la onda, que los dispuestos de N. á S. El órden en que deben colocarse los muros, atendiendo á su destruccion, es el siguiente: 1º los muros orientales de los edificios que fueron derrumbados casi en su totalidad; 2º los muros occidentales que en la parte E. del pueblo cayeron en igual cantidad que los orientales, pero que en la parte O. del pueblo resistieron un poco más; 3º los muros australes que excedieron en poco á los setentrionales.

La direccion en que cayeron los muros, es invariablemente hácia el E. para los que corrian de N. á S., y más frecuente hácia el S. para los de E. á O.; pues entre estos últimos hay algunos en la parte meridional de la plaza, que cayeron al N., como si hubiese habido una reflexion de la onda en la loma que por ese rumbo limitaba al pueblo de Babispe.

Queriendo aplicar el método de Mallet para la determinacion del foco, traté de tomar la direccion general de las cuarteaduras

de los muros, para encontrar el ángulo de emergencia de la onda, y hallé tal variedad y desórden en ellas, que desistí de llevar á cabo un trabajo que no me habia de ser de utilidad. En algunos muros la cuarteadura era vertical, y de simple en la parte inferior, se bifurcaba en la superior, al encontrarse una hilada de ladrillos que ofrecian más resistencia que el adobe de que están construidas generalmente las casas de los pueblos del N. de Sonora, y adquiria entónces la forma de una Y; otras veces la direccion era oblícua, y en un mismo muro se encontraban cuarteaduras de la misma importancia, con inclinacion de 10°, 30° y 45°, que en algunos casos eran acompañadas por otras verticales. Todas las cuarteaduras inclinadas buzaban constantemente hácia el E.

No tuve oportunidad de ver truncamientos de esquinas de edificios, pero sí los observé en los muros orientados de E. á O., encontrándolos siempre en la esquina E. del muro y nunca en la del O.

De todo lo anteriormente expuesto se deduce, que el paso de la onda se hizo de N.O. S.E., muy inclinado hácia el O., circunstancia que puede explicarse teniendo en cuenta que, entre la region epicentral que está al N.O. de Babispe y el pueblo, se interpone la cordillera de Teras, que corre aproximadamente en esa direccion, y en cuya falda oriental estaba el pueblo de Babispe sobre una explanada, hasta la cual se avanzan las ramificaciones últimas de los contrafuertes de la sierra al invadir la llanura, con una direccion que difiere muy poco de la E. á O.

En el pueblo de Oputo, que despues del de Babispe fué el que sufrió más, los muros cayeron hácia el O. y los truncamientos de las esquinas tuvieron lugar en mayor número en las del S.O. que en las del N.O.; y los muros que ménos sufrieron fueron los de E. á O., siendo éstos los que presentan el truncamiento de las esquinas del lado occidental.

En Fronteras algunas casas fueron destruidass pero su número fué menor que el de Oputo, y la caida de los muros fué hácia el O.

De los demas pueblos y ranchos en que fueron derribados los muros, el rancho de San Bernardino es de los más interesantes, por la comprobacion que suministra á la localizacion del epicen-

tro. En este rancho, que queda casi al N. del epicentro, los muros fueron totalmente destruidos en las dos de que estaba compuesto el rancho, observándose que las paredes cayeron hácia el N. las de E. á O., y hácia el O., las de N. á S.

Entre los fenómenos que acompañaron y siguieron al temblor, llamó mucho la atencion de los habitantes de Sonora la creciente inesperada y repentina de los afluentes del rio Yaqui, sobre todo, los de Batepito, Fronteras y Babispe, así como la aparicion de algunos nuevos aguajes y desaparicion de otros. Ya al hablar de las grietas hemos indicado la causa de esta abundancia de agua, en una estacion del año en que escasea generalmente en todo el Estado. La consecuencia de estas pequeñas inundaciones del terreno, que en algunos lugares se han exagerado notablemente, fué la formacion de ligeras neblinas ántes de la salida del sol en los dias que siguieron al temblor.

Otro de los efectos del temblor que consternó á los aterrorizados moradores de estos lugares, fué el incendio de todas las sierras cercanas al epicentro, y aun algunas bastante lejanas situadas en el territorio de Arizona, citándose, entre otras, la sierra de San José. Algunas, se ha dicho, que duraron ardiendo muchos dias; y á su reflejo y humareda se debió, segun parece, la suposicion de que habia aparecido un volcan, que la extraviada imaginacion de los que acababan de experimentar las terribles consecuencias del temblor, colocaba en diversos puntos del Estado, y con toda probabilidad en la direccion en que percibian el fuego y el humo más constantes. La explicacion que en nuestro concepto puede darse de este fuego en las montañas, consiste en suponer, que el choque de las piedras que formaban los muchos picos que fueron derrumbados, desarrolló el calor suficiente para llevar á la combustion el zacate que en esta época del año está sumamente seco, y que iniciado de esta manera en diversos puntos, se haya propagado violentamente haciéndose general. Es posible, tambien, que en algunos puntos haya habido solamente una coincidencia casual entre el dia del temblor y el dia en que tenia lugar el incendio de las praderas, fenómeno que no es muy raro en esta parte del país, y que generalmente se verifica en los meses de Mayo y Junio.

**Determinacion del epicentro y foco del temblor.**

De los diversos métodos que son conocidos para determinar la profundidad del foco de un temblor, el de los Sres. Dutton y Hayden, de la Comision Geológica de los Estados Unidos, me parece el mejor por ser el que toma en consideracion todas las componentes del movimiento, y que lleva en cuenta las diversas manifestaciones de la intensidad, tanto en lo que se refiere á la onda normal, como á las ondas trasversales. El método está fundado en la ley que sigue el decrecimiento de la intensidad del temblor, y existe una relacion fija entre la profundidad del foco y la distancia al epicentro, del lugar en el cual el decrecimiento de la intensidad adquiere su máximum, relacion que es la de 1 á $\sqrt{3}$. De manera que encontrado en el terreno el punto en que la relacion que mide el decrecimiento de la intensidad es mayor, se determina desde luego la profundidad del foco del temblor.

Es indispensable para la aplicacion de este método, conocer la region epicentral y determinar sobre el terreno, por medio de las manifestaciones debidas á la intensidad del temblor, la distancia al epicentro de la region en la cual la relacion del decrecimiento de la intensidad, ha llegado á su máximum.

En el caso actual, á juzgar por los agrietamientos del terreno, se ve perfectamente marcada, á unos diez kilómetros del epicentro, una zona en la cual, aunque hay bastantes manifestaciones de la energía con que fué sacudida, éstas son relativamente ménos importantes por sus proporciones, además de que se nota perfectamente como un anillo comprendido entre 9 y 10 kilómetros, en el cual la transicion ha sido bastante brusca. Tomando ésta como la distancia en que la relacion del decrecimiento de la intensidad del temblor ha llegado á su máximum, y que corresponde por consiguiente al punto en el cual la curva de intensidad cambia su curvatura, resulta para la profundidad del foco del temblor del 3 de Mayo de 1887, la de 18 kilómetros.

Para determinar con bastante exactitud el epicentro, ha sido necesario, en atencion á que no se podia aplicar ninguno de los métodos de Seebach y Mallet, servirse de los estragos hechos por el temblor, y buscar la region en la cual habian adquirido su máximum para considerarlo como el punto radiante de las vibraciones del 3 de Mayo. Para conseguir esto fuí haciendo mis reconocimientos y estudios desde Hermosillo, ayudándome, tanto de la direccion en que habian sido derrumbados los muros, lo cual me daba, aunque imperfectamente, la direccion de la region epicentral, así como he aprovechado las indicaciones que los habitantes de los pueblos, sobre todo, los más inmediatos, me daban acerca de la direccion en la cual habian sentido llegar el temblor. A todo esto debo añadir, que miéntras estuve en Babispe, sentí algunos temblores y con mucha frecuencia oia ruidos y detonaciones que sin excepcion procedian del N.O. Al seguir mis exploraciones por la parte N.E., N. y N.O. de la region epicentral, tuve oportunidad de convencerme de que los ruidos y los temblores ligeros que sentí, traian la direccion de la parte meridional del Valle de Batepito, cerca de la confluencia del rio de Babispe y el de Batepito.

Como es allí en donde los efectos del temblor se manifiestan con máxima intensidad, y á partir de ese lugar en todas direcciones, los estragos van siendo menores á medida que se aleja uno más del Valle de Batepito; y como por otra parte está perfectamente marcada la zona en la cual ha disminuido la intensidad más bruscamente, no me cabe duda que la region epicentral es la marcada en el cróquis topográfico, á los 30° 48′ 24″ latitud N., y 109° 05′ 55″ longitud O. de Greenwich. Estas son las coordenadas del punto céntrico, pues la region epicentral tiene la forma de un arco de dos kilómetros de largo, poco más ó ménos, y dirigido paralelamente á la gran cuarteadura que corre en la falda de las sierras de la Cabellera, etc.

---

## Velocidad de propagacion.

Tomando como tiempo inicial 2h.12 P.M., tiempo del Pacífico, que es el que corresponde al meridiano 120 O. de Greenwich, resulta convertido en tiempo de Valle de Batepito, que el temblor más fuerte del 3 de Mayo se verificó á las 2h. 55′ 36″ ó sea á las 3h. 35′ 32″ P.M., tiempo de la ciudad de México. La hora inicial aceptada como la más probable, es la puesta aquí, pero no se conoce con verdadera exactitud, pues los habitantes de Babispe, Fronteras y San Bernardino, que fueron los que primero sintieron las sacudidas por su inmediacion á la region epicentral, ignoraban que fuese de alguna importancia el conocimiento de la hora precisa en que se inició el fenómeno; pero afortunadamente las oficinas de los ferrocarriles de Sonora, Central Mexicano y Sur Pacífico, anotaron los tiempos en que se sintió el temblor en cada una de ellas, y es valiéndonos de esos tiempos, que el Sr. Doctor Goodfellow tuvo la amabilidad de facilitarme, como determinarémos, las velocidades de propagacion, aunque con grosera aproximacion, pues para esta clase de fenómenos es indispensable anotar con escrupulosidad el movimiento preciso de la llegada de la onda.

De Batepito á Guaymas hay una distancia de 348 kilómetros, se tardó la onda en llegar 3′, lo cual da una velocidad de 1,993$^{m}$.

A nogales hay 174 kilómetros; tiempo empleado, 1′; velocidad, 2,900$^{m}$.

A Benson, 174 kilómetros; tiempo, 2′; velocidad, 1,450$^{m}$.

A Phœnix, 414 kilómetros; tiempo, 6′; velocidad, 1,150$^{m}$.

A Willcox, 165 kilómetros; tiempo, 3′; velocidad, 916$^{m}$6.

Deming, 198 kilómetros; tiempo, 2′; velocidad, 1,650$^{m}$.

El Paso, 270 kilómetros; tiempo, 2′; velocidad, 2,250$^{m}$.

México, 1,570 kilómetros; tiempo, 9′21″, velocidad, 2,730$^{m}$. Es indudable que el tiempo anótado en México, no es el que correspondió á la llegada de la onda.

Tombstone, 145 kilómetros; tiempo, 1′; velocidad, 3,416$^{m}$.

Hermosillo, 240 kilómetros; tiempo, 2′; velocidad, 2,000$^{m}$.

Crittenden, 177 kilómetros; tiempo, 2′; velocidad, 1,475$^{m}$.

Fairbanks, 177 kilómetros; tiempo, 2′; velocidad, 1,475$^{m}$.

Entre Gila Bend y Maricopa, hay 54 kilómetros; el tiempo empleado fué un minuto, lo que da 900$^{m}$ por segundo.

Entre Tucson y Maricopa, la diferencia de tiempo es de 1′; y la distancia, de 138 kilómetros, para la cual resulta una velocidad de 2,300$^{m}$.

De Tucson á Gila Bend, 183 kilómetros; tiempo trascurrido, 1′; velocidad, 3,050$^{m}$. Es sumamente elevada y debe haber un error en los tiempos anotados ó en la marcha del reloj.

De todas las velocidades calculadas, resulta que á distancia del epicentro menor de 200 kilómetros, la velocidad média es de 1,977$^{m}$6, que á ménos de 400 kilómetros, es la velocidad média de 1,797$^{m}$6, y finalmente, que á ménos de 600 kilómetros, apénas alcanza 1,187$^{m}$. Desechando las velocidades que resultan para la ciudad de México y la correspondiente al tramo de Tucson á Gila Bend, que son sumamente elevadas, debido indudablemente á mala anotacion del tiempo, encontramos una velocidad média de 1,772$^{m}$, que es con mucho mayor á las velocidades que hasta hace pocos años se concedia á los temblores de tierra.

## Causa probable del temblor.

Es de todo punto imposible conocer la causa verdadera que produce un temblor de tierra, salvo en casos que se refieren á los temblores que se originan en los volcanes actuales, y generalmente los temblores son fenómenos producidos por alguna de las muchas y variadas manifestaciones de la dinámica terrestre, sucediendo muchas veces que las causas que los engendran estén á distancias muy considerables del lugar en que se verifican.

En el caso actual, el temblor se verificó en una region desprovista de volcanes modernos, aunque se encuentran por muchos puntos del Estado de Sonora rocas basálticas, pero éstas parecen

haber hecho su aparicion, á lo ménos para las que se encuentran en la Sierra Madre, no por verdaderos cráteres sino por líneas orientadas paralelamente á los elementos orográficos; y esta circunstancia, unida á la de que los temblores no han cesado del todo, me inclina á aceptar como causa probable de la serie de vibraciones que se iniciara el 3 de Mayo de 1887, la fractura de rocas antiguas, que cuando la emision de las rocas eruptivas fueron dislocadas y cubiertas despues por la formacion sedimentaria del cuaternario, que aumentando su potencia sin cesar, ha llegado á vencer la resistencia que presentaran esos estratos, así como tambien el efecto de la presion lateral que está acentuando cada vez más el relieve del continente, pues en mi concepto no ha terminado todavía el levantamiento de la Sierra Madre.

Como abundan las teorías é hipótesis acerca de la causa que produce los temblores de tierra, y entre ellas ha creado algunos prosélitos la hipótesis de Perrey, pongo á continuacion la hora del paso meridiano de la luna en Valle Batepito, el dia 3 de Mayo: 9h. 04′ 06″ tiempo astronómico, y por si les fuere favorable la coincidencia del temblor con la proximidad de la luna á la tierra, pongo tambien las épocas de perigeo y apogeo de la luna el mes de Mayo. Perigeo: 4d. 23h. 12′ tiempo astronómico, igual á 11h. 12′ del 5 A.M. tiempo civil. Apogeo: 16d. 22h. 54′ tiempo astronómico, igual á 10h. 54′ del 17 A.M. tiempo civil.

Hermosillo, Marzo 9 de 1888.

José G. Aguilera.

FENÓMENOS SEISMICOS DEL 3 DE MAYO DE 1887.

# CROQUIS TOPOGRÁFICO
## de la Region Explorada.


Formado por el Ingeniero

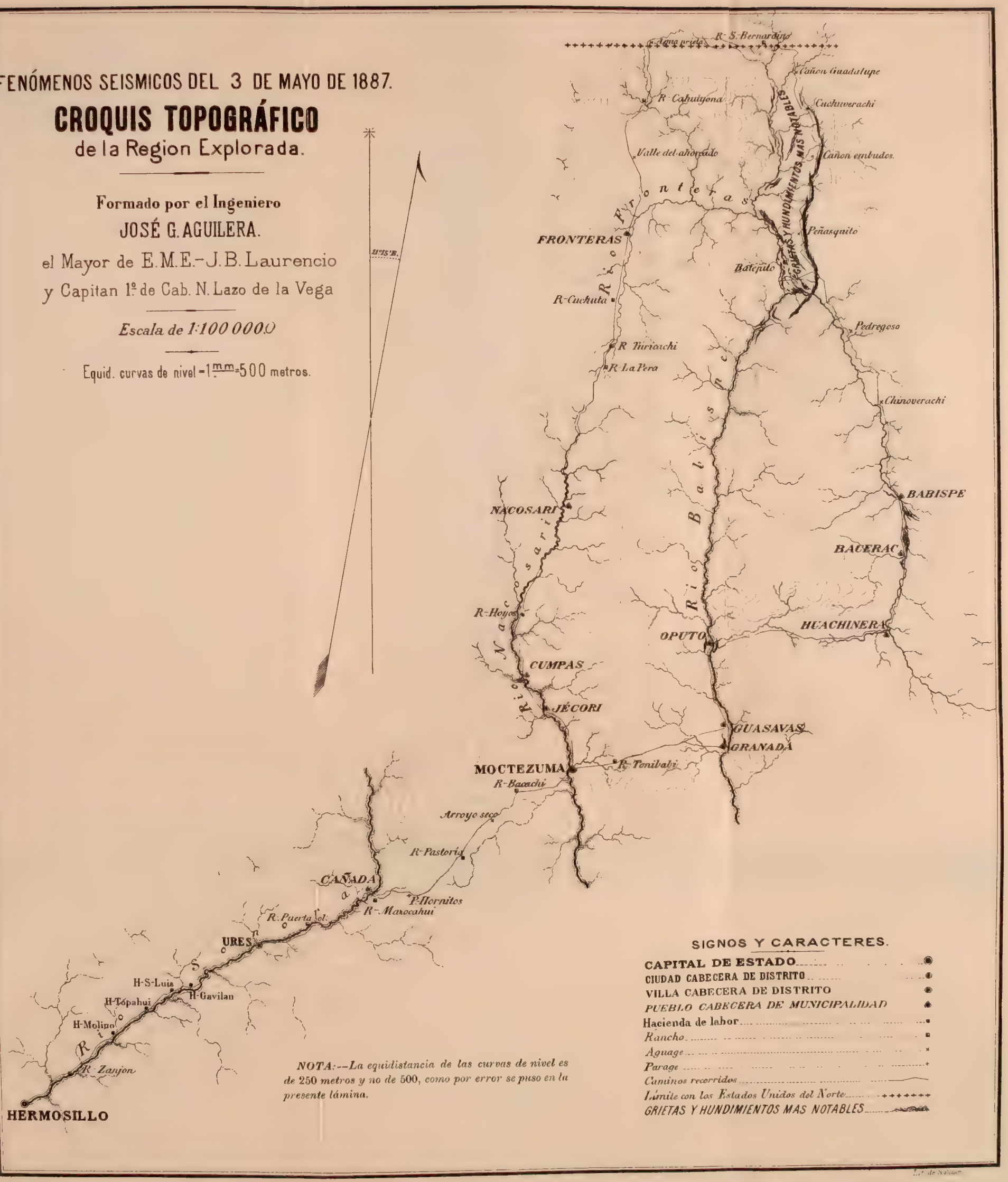
JOSÉ G. AGUILERA.

el Mayor de E.M.E.-J.B. Laurencio

y Capitan 1º de Cab. N. Lazo de la Vega


*Escala de 1:100 000.0*

Equid. curvas de nivel = 1 mm = 500 metros.



FENÓMENOS SEISMICOS DEL 3 DE MAYO DE 1887.

# CARTA GEOLÓGICA

## de la Region Explorada.

Formada por el Ingeniero

JOSÉ G. AGUILERA.

*Escala de 1:1000000*

Lit. de Salazar.

FENÓMENOS SEISMICOS DEL 3 DE MAYO DE 1887.

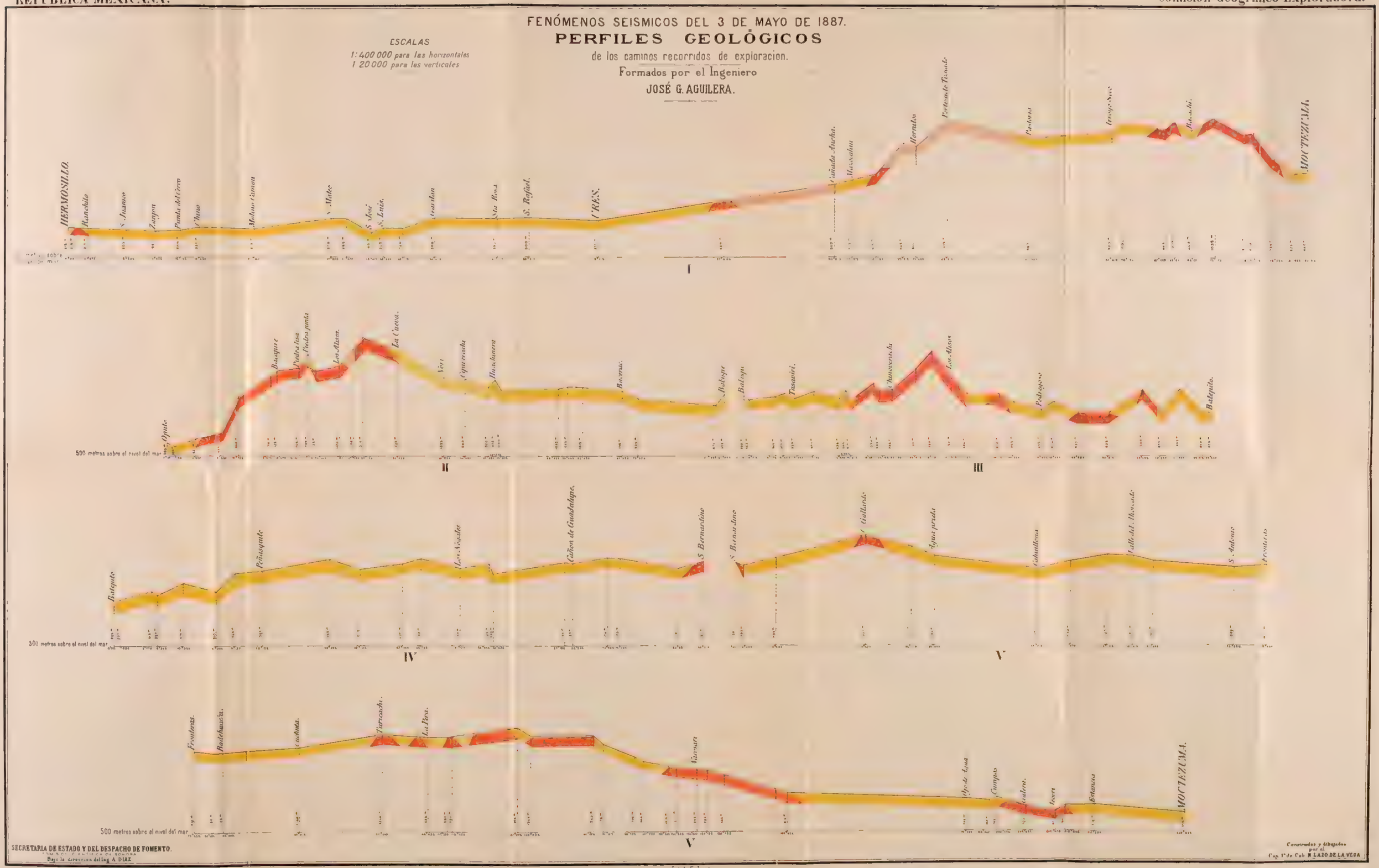
# PERFILES GEOLÓGICOS

de los caminos recorridos de exploracion.

Formados por el Ingeniero

JOSÉ G. AGUILERA.

ESCALAS
1:400 000 para las horizontales
1 20 000 para las verticales




SECRETARIA DE ESTADO Y DEL DESPACHO DE FOMENTO.
COMISION GEOGRÁFICA DE SONORA
Bajo la direccion del Ing. A. DIAZ

Construidos y dibujados por el Cap. 1º de Cab. N. LAZO DE LA VEGA

Lit de Sallaar

SECRETARIA DE ESTADO Y DEL DESPACHO DE FOMENTO.
COLONIZACION Y COMERCIO.
Bajo la dirección del Ing. A. DIAZ.

Lit. de Salazar

Construida y dibujada por el Cap. 1.do de Cab. N. LAZO DE LA VEGA

# DESAGÜE DE HUEHUETOCA.*

Las aguas de las vertientes de Pachuca y rios de Cuautitlan y Tepozotlan, tienen su curso y corrientes á la laguna de Zumpango, la que en llenando, rebosa en la laguna de San Cristóbal, y ésta, cuando se llena, rebosa en la de Texcuco que confina con esta ciudad de México por el lado del Peñon. Recrecida ésta, entraban y cargaban las aguas en la ciudad y la anegaban. Cuando se emprendió el desagüe, se niveló la altura de las aguas con la superioridad de unas lagunas en la otra, y se halló que la laguna de Zumpango estaba más alta que la de San Cristóbal tres varas y cinco pulgadas, y ésta tres varas y cuarta más alta que la de Texcuco, proviniendo la mayor altura de una en otra, por estar las aguas contenidas en las calzadas de albarradones qué sirven de muro, y de que resultaba que estuvieran más elevadas respectivamente una de otra.

El año de 1607, siendo virey el Excmo. Sr. D. Luis de Velasco, marqués de Salinas, se proyectó dar desagüe á México, y se propusieron cinco sitios diferentes, siendo uno de ellos por Tenango Tepopula, taladrando el cerro para dar curso á las aguas hácia tierracaliente; pero se halló no ser asequible, por tener dicho cerro de travesía 33,606 varas, y de elevacion sobre el nivel de la laguna de Chalco 286 varas. Despreciados cuatro de los cinco sitios propuestos, se eligió el sitio de Huehuetoca, que medida su elevacion, se halló tener 151 varas y 5 sesmas. Sobre esta elevacion no están conformes los inteligentes, y algunos dicen es más. Resuelto hacer el desagüe por este sitio, lo dispusieron los maestros de arquitectura Enrico Martínez, Antonio Pérez de To-

* *Huehue*, viejo; *toca*, sembrar, enterrar; por esto se le da el significado de antigua siembra, á Huehuetoca.

ledo y Alfonso Pérez Rebelto. Se reguló su costo en 600,000 pesos, y se comenzó la obra en 28 de Noviembre de dicho año de 1607, á cargo de Enrico Martínez, sobre 15,800 varas de longitud, las 7,000 de tajo abierto y las 8,500 de socavon. Para costear esta obra, se valuaron las fincas y caudales de México, y se halló importaban 20.267,555 pesos, y se exigió sobre uno y otro una pension de un tanto por ciento que importó 304,013 pesos y 2½ reales. Comenzóse la obra con 1,500 indios operarios, y fué el primero que rompió la tierra con una azada el Excmo. Sr. virey.

Continuóse la obra, y en 7 de Mayo de 1608 ya estuvo acabada segun el trazo y disposicion que se habia resuelto, así de tajo abierto como de socavon, éste de cinco varas de alto y cuatro de ancho, sostenida la tierra, donde estaba blanda, con fuertes maderas; y este dia, en presencia del señor Virey y del señor Arzobispo D. Fr. García Guerra, del Orden de predicadores, dominico, se quitó la compuerta de la entrada y se estrenó la corriente; pero se reconoció que salia poca agua por falta de hondura, y temiendo las inundaciones, se resolvió y determinó hacer otro socavon más abajo del anterior, y ahondar el tajo abierto.

Fuése continuando el trabajo de la obra, y llegó el año de 1614, en que con cédula de S. M. vino de España Adrian Bot, ingeniero frances, con asignacion de 1,200 ducados de sueldo anuales, pagaderos de las rentas del desagüe, para dirigir la obra: reconoció ésta y la laguna, y *no hizo cosa de provecho.*

El año de 1615 se remitieron á S. M. los autos de lo actuado con la propuesta de Enrico Martínez (ya admitida) de hacer la obra hasta su conclusion por 110,000 pesos. En esta ocasion se comenzó de hecho de nuevo la obra [porque lo que habia hecho era poca cosa] del nuevo socavon y tajo abierto, ahondando el anterior.

El año de 1623, el señor virey, marqués de Gelves, mandó suspender la obra, que se soltasen las compuertas que contenian las aguas de las lagunas, y que se pusieran estacas de madera en la de Texcuco, por la parte de las cercanías de México, para experimentar hasta dónde subia el agua, lo que se ejecutó el 13 de Junio, y al dia 30 de Octubre se halló haber subido el agua media vara ménos dos dedos; y estuvo parada la obra del desagüe, no obstante de que el año de 1627 llegó el agua en las calles de

Santo Domingo, Profesa [hoy San Felipe el Real] y de San Agustin, á la altura de media vara, y á principio del año de 1629 se continuó la obra del desagüe á cargo de Enrico Martinez, y en cuatro meses la puso en el estado que ántes tenia.

El año de 1629 vino sobre México la mayor inundacion que ha padecido, subiendo el agua donde ménos dos varas, por lo que se ordenó á Enrico Martinez hiciera lo posible por contener y encarcelar las aguas y divertirlas. En esta ocasion el señor virey marqués de Cerralvo hizo consulta al señor arzobispo D. Francisco Manzo, para que expusiese S. S. Illma. el remedio que hallase oportuno, quien respondió no hallarlo, y que se aguardase á que pasara la temporada de las lluvias.

En Setiembre de 1630 se hizo una junta de los ministros de Su Majestad, prelados de las religiones, dueños de fincas, y maestros de arquitectura, para indagar arbitrio de desaguar á México, y la respuesta fué que el único que habia era la continuacion del tajo abierto por el Huehuetoca rompiendo el socavon, por lo que se reguló necesario millon y medio de pesos, 2,800 bueyes, 400 arados, 200 carretas, 6,000 mulas, la mitad aparejadas; 8,000 huacales de cuero, 2,000 azadones, 1,000 palas, 1,000 barretas de fierro, madera suficiente y 3,000 indios operarios, y quedó toda esa exorbitancia en proyecto.

Habiéndose vuelto á tratar de hacer el tajo abierto, por regulacion que hizo Enrico Martínez se halló que se debian excavar fuera de lo excavado, 71.388,266 varas cúbicas de tierra, y que para hacer la obra en un año eran menester 1826 indios que trabajasen diariamente, y gasto de 13.385,299 pesos 6 reales, cuya propuesta fué rechazada por los oficiales reales de Su Majestad, diciendo que estando hecho el socavon y en corriente el desagüe, era esto bastante y que se debia mantener para siempre, y se desechó la propuesta de Martínez.

El año de 1637, habiendo precedido vista de ojos, y tenídose dos juntas, la primera en 21 de Julio, en las que concurrieron las personas de mayor carácter é inteligencia; vistos los pareceres de los maestros de arquitectura, y prácticos en el asunto, se resolvió hacer el tajo abierto para no valerse de socavon en lo sucesivo. Habia muerto el año de 1632 Enrico Martínez, y estando resuelto hacer la obra á tajo abierto en el dicho año de 1637, á 20 de Agos-

to se comenzó á trabajar por el paraje llamado la Guiñada, en la altura de 151 varas y una sesma de desmonte de tierra, y se dió la superintendencia de la obra al R. P. Fr. Luis Flores, comisario de la Orden de San Francisco, que la tuvo á su cargo quince años y nueve meses, en cuyo tiempo mantuvo la obra en buen estado. Despues tuvo la superintendencia el R. P. Fr. Bernardino de la Concepcion, de la misma Orden.

El año de 1665 se dió la superintendencia de la obra del desagüe al R. P. Fr. Manuel Cabrera, tambien franciscano, cuyo cargo tuvo hasta el año de 1675, en el cual tiempo continuó el tajo abierto y conservacion de lo obrado, con los remedios preservativos necesarios, y por sugestiones del fiscal del rey, D. Martin de Solís y Miranda, se apartó de la superintendencia al P. Cabrera y se le dió al mismo fiscal, quien prometió hacer la obra con ménos costo y darla acabada con el tajo abierto en ménos de un año; y lo que obró fué, 40 varas de tajo abierto, enzolvó los planes del socavon, y puso la obra en el peor estado, habiendo gastado 66,250 pesos; no obstante lo cual, publicó que la obra estaba acabada en el año de 1677, lo que hizo celebrar con repique general de campanas; pero despues constó ser falso.

El P. Fr. Manuel Cabrera, para vindicar su honor y conductay rebatir los falsos cargos que se le hicieron, escribió un manifiesto que dirigió á Su Majestad exponiéndole los cargos que le hizo el fiscal y respondiendo á cada uno de por sí, haciendo presentes los daños que dicho fiscal habia hecho á la obra en el tiempo que la tuvo á su cargo, el cual manifiesto corre impreso y se publicó con licencia del Gobierno, y el año de 1687 volvió á darse el cargo de la superintendencia del desagüe y tajo abierto al P. Cabrera, EN ATENCION Á SU MÉRITO, INTELIGENCIA É INTEGRIDAD. Este padre emprendió de nuevo la obra haciendo los desenzolves necesarios del socavon, y manteniendo la obra en corriente, y haciendo los remedios preservativos necesarios para mantener la corriente de las aguas, y continuando el socavon. Habiendo faltado el padre Cabrera, se conservó la obra haciendo desenzolves y reparos necesarios, sin continuar el socavon, y así llegó al año de 1770, en el que se volvió á tratar de continuar el tajo abierto desde donde llamaban la Bóveda Real, hasta la Boca llamada de San Gregorio.

En este tiempo se hizo remate de la obra en un caballero rico

de México y otros sus asociados, por cantidad de un millon y doscientos mil pesos, y no habiendo en el fondo de las rentas del desagüe cantidad suficiente para costearlo, se trató de gravar las fincas de esta ciudad en un tanto por ciento del producto de sus rentas, á lo que se opuso el Real Tribunal del Consulado, ofreciendo hacer la obra en cinco años por la cantidad de ochocientos mil pesos, con la calidad de que no se gravasen las fincas, suplir el dinero, y de que si se gastase más no lo cobraria, y si ménos, devolveria lo que sobrase; cuya ventajosa proposicion se admitió, y se rescindió el remate hecho, librándose por este medio el que se gravasen las fincas de la ciudad, en favor del vecindario.

El año de 1771 se comenzó la obra á cargo del Consulado, y el año de 1786 ya estuvo acabada, quedando la obra del desagüe toda de tajo abierto, quedando por hacer algunos reparos que despues se concluyeron. Esta obra duró, desde su principio hasta su conclusion, 179 años, y tuvo de costo el todo de ella, hasta que la entregó el Consulado, cinco millones seiscientos setenta y cuatro mil ochocientos sesenta y un pesos, siete reales y cuatro granos. Cuando se comenzó la obra á cargo del Consulado, era prior D. Juan de Castañiza [que por su muerte continuó D. Juan José Perez Cano] y cónsules D. Francisco del Rivero y D. Gabriel González de Terán, y cuando se acabó era prior el referido D. Gabriel González de Terán, y cónsules D. Miguel Sánchez Hidalgo y D. Juan Antonio Yermo.

La conclusion de la obra se entendió en cuanto al tajo abierto, y que las aguas tuvieran su curso y corriente sin embarazo ni estrechez del socavon; pero quedaron algunas cosas pendientes que perfeccionarse. Dióse cuenta de todo á Su Majestad, y habiendo aprobado, mandó el rey dar las gracias al Consulado.

El año de 1789 se acabaron de hacer las obras que habian quedado pendientes y se entregó la obra, dada enteramente por acabada en su todo: devolvió el Consulado la cantidad de ciento treinta y tres mil pesos sobrantes de los ochocientos mil en que se fincó el remate, y además como diez mil pesos que importaban los aperos que sirvieron en la obra, como barretas de fierro, azadones, palas y demás utensilios, para que quedasen á beneficio de la obra, y tambien la plata labrada de vajilla, que por cuenta de ella se habia comprado para el uso de los señores cuando residian en la obra,

con el destino de que sirviese para uso del señor ministro del rey, que en lo de adelante tuviese la obra á su cargo.

*Resúmen de lo obrado de tajo abierto, en el tiempo que duró y fué á cargo de diversos directores.*

| | Varas. |
|---|---|
| El padre Fr. Luis Flores abrió | 3.587 |
| El fiscal D. Martin de Solís | 0.040 |
| El padre Fr. Manuel Cabrera en las dos veces que tuvo la superintendencia | 2.196 |
| El Real Tribunal del Consulado | 2.677 |
| | 8.500 |

Fuera de las 7.000 que abrió Enrico Martínez.

Al Excmo. señor virey conde de Revillagigedo, por emulacion, le informaron mal acerca de la obra del desagüe, diciendo no haber cumplido el Consulado con lo pactado, por faltar para concluirse dos condiciones de las pactadas con que fincó el remate; de lo cual se dió cuenta al rey, que habia aprobado la obra y mandado dar las gracias. El Tribunal del Consulado pidió se hiciera nuevo reconocimiento, el que se ejecutó por el ingeniero D. Miguel Constanzó y el maestro mayor de arquitectura de la nobilísima ciudad D. Ignacio Castera, asociados de otros inteligentes, y declararon unánimes estar la obra perfecta, que una de las condiciones que se acusaba no haberse cumplido era impracticable, y que en caso de cumplirse seria perder la obra y no verificarse el fin á que se hizo: y que la otra condicion estaba enteramente cumplida en cuanto á que los respaldos tenian 45 grados de caida, que fué lo que se pactó en la condicion.

El rey, en vista de lo informado, mandó que se hiciera nuevo reconocimiento, el que se ejecutó á principio del año de 1794, para lo que fueron nombrados los ingenieros coronel D. Alberto de Córdova y teniente coronel D. Pedro Ponce, los que hicieron el reconocimiento y declararon estar la obra perfecta y enteramente concluida, no ser practicable una de las condiciones acusadas, y la otra estar enteramente perfecta en cuanto al caido de 45 gra-

dos de los respaldos, segun se pactó en la condicion; con lo que quedó enteramente despreciada la acusacion y triunfante el Real Tribunal del Consulado.

## GRAVÁMENES IMPUESTOS PARA LA OBRA DEL DESAGÜE DESDE SU PRINCIPIO.

El primero fué el que se repartió sobre las fincas y caudales de esta ciudad de México, de un tanto por ciento, que importó 304,013 pesos 2½ reales. En esta ocasion se avaluó la Casa de Moneda y Casa de Corte en 625,000 pesos, que pagaron su correspondido incluso en la cantidad referida.

*Pension sobre el vino en México.*—Luego que se determinó la obra del desagüe, se echó la pension de medio real de plata sobre cada cuartillo que se vendiese en México, y el año de 1612 se moderó bajándolo á cuartilla, que regulándose cada barril en 164 cuartillos, le vino á corresponder 5 pesos y un real, cuya pension se cobró á su entrada en la Real Aduana. Esta pension corrió, ya en administracion, ya en arrendamiento, hasta 25 de Junio de 1670, que se puso á cargo de los señores oficiales reales de las cajas de S. M., y hasta el año de 1777 importó lo cobrado por oficiales reales 712,522 pesos 5 reales, fuera de lo cobrado ántes del año de 1670, que estuvo á cargo de particulares.

*Pension de carnicerías.*—Desde el principio de la obra se pensionaron las carnicerías de México y las de veinticuatro leguas en contorno, en cierta cantidad, entrando su producto en poder de los factores que se nombraron, la que hasta el 14 de Diciembre de 1669 produjo 19,256 pesos 5 reales, y habiéndose puesto á cargo de los señores oficiales reales, produjo hasta fin del año de 1777, la cantidad de 606,269 pesos 2½ reales.

*Pension del vino cobrada á su entrada en Veracruz.*—En 26 de Diciembre de 1629, en una junta que se hizo en presencia del Excmo. Sr. virey marqués de Cerralvo, se resolvió que de cada pipa que entrase á Veracruz se cobrasen 12 pesos 4 reales para la obra del desagüe, y otros 12 pesos 4 reales para la fortificacion

de la plaza de Veracruz. Desde el 11 de Marzo de 1636 que se verificó el empezar á cobrar esta pension, y que se continuó hasta 11 de Julio de 1650, se aplicaron los 12 pesos 4 reales á la obra del desagüe, y se varió en cuanto á los 12 pesos 4 reales para la fortificacion, aplicándolos á los gastos de la armada del Seno Mexicano, y se continuó cobrando hasta 26 de Octubre de 1651, en cuyo dia cesó por dos años.

En 13 de Febrero de 1659, siendo virey el Excmo. Sr. duque de Alburquerque, se volvió á cobrar esta pension en Veracruz, aplicándose los 12 pesos 4 reales al desagüe, y los otros 12 pesos 4 reales por mitad, á la fortificacion y á la armada del Seno Mexicano. Despues, por cédula real de 15 de Junio de 1720, se moderó la pension, bajándola á la mitad, y vino á corresponder al desagüe 6 pesos y dos reales, y por otra cédula real de 18 de Junio de 1732, se bajó á esta pension el 15 por ciento, y vino á quedar lo correspondiente al desagüe en 5 pesos 5 reales de cada pipa de vino al entrar á Veracruz. Posteriormente, por otra cédula real de 22 de Marzo de 1779, publicada en bando de 12 de Julio del mismo, se bajó la contribucion á un peso de cada barril á la entrada á Veracruz, y otro peso á la entrada á México, la que se distribuye en la obra del desagüe, fortificacion de Veracruz, sisa de la ciudad de México y avería del Consulado.

Las rentas y gastos del desagüe desde su principio hasta su conclusion, constan del siguiente estado auténtico, formado por uno de los señores ministros de la real audiencia y tribunal de cuentas de esta ciudad de México, pedido y mandado formar por el Supremo Gobierno, del que ví un tanto autorizado que se dió á un señor ministro togado de esta real Audiencia de México.

# CUENTA POR DECENIOS.

| Años de | *Rentas de la obra del desagüe.* Ps. | Rs. | Gs. | *Gastos de la obra del desagüe.* Ps. | Rs. | Gs. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1607 á 17 | 921,989 | 7 | 5 | 891,280 | 6 | 4 |
| á 27 | 628,218 | 4 | 6 | 573,602 | 5 | 7 |
| á 37 | 1.198,412 | 4 | 6 | 1.504,531 | 6 | 8 |
| á 47 | 534,180 | 0 | 8 | 338,857 | 5 | 8 |
| á 57 | 253,913 | 2 | 11 | 266,865 | 1 | 2 |
| á 67 | 201,230 | 2 | 7 | 230,590 | 2 | 6 |
| á 77 | 111,039 | 1 | 9 | 220,996 | 1 | 0 |
| á 87 | 109,627 | 1 | 2 | 46,734 | 1 | 5 |
| á 97 | 101,951 | 7 | 2 | 156,123 | 5 | 7 |
| á 1707 | 102,259 | 7 | 1 | 74,035 | 6 | 2 |
| á 17 | 108,472 | 4 | 11 | 90,832 | 4 | 4 |
| á 27 | 111,314 | 6 | 4 | 39,295 | 6 | 4 |
| á 37 | 197,533 | 7 | 10 | 34,768 | 3 | 8 |
| á 47 | 217,308 | 4 | 1 | 105,147 | 0 | 9 |
| á 57 | 275,026 | 7 | 6 | 119,480 | 2 | 4 |
| á 67 | 273,441 | 1 | 3 | 139,789 | 7 | 9 |
| á 1777 | 383,268 | 6 | 6 | 566,937 | 0 | 1 |
| Que se debia al Consulado..... | | | | 275,000 | 0 | 0 |
| | 5.729,089 | 6 | 2 | 5.674,861 | 7 | 4 |
| Importe de lo cobrado..... | | | | 5.729,089 | 6 | 2 |
| Importe de lo gastado..... | | | | 5.674,861 | 7 | 4 |
| Sobrante..... | | | | 54,227 | 6 | 10 |

*Estado actual de la obra del desagüe despues que la entregó el real tribunal del Consulado.*—Cuando se acabó la obra quedó de fondo para principio del año siguiente, 54,227 pesos 6 reales 10 granos.

| | |
|---|---|
| Para la conservacion y direccion de la obra del desagüe, se turna uno de los ministros togados de la real Audiencia, quien tiene la superintendencia, con sueldo de.....$ | 600 |
| El guarda mayor..... | 600 |
| El guarda menor..... | 465 |
| El guarda volante cuidador..... | 200 |
| | 1,865 |

Ignoro el sueldo del escribano de esta comision, y si hay otros subalternos empleados y tambien si ha habido variacion en los años que despues han corrido. El señor superintendente de la obra, la visita y reconoce, atiende á remediar los daños de los derrumbes de tierra que ocasionan las lluvias, las excavaciones que hacen las corrientes de las aguas, y otros inevitables daños que padece la obra, manteniéndola en buen estado. Esta obra es un desagüe puramente negativo para México, en cuanto impide que creciendo la laguna de Zumpango reboce en la de San Cristóbal y ésta en la de Texcuco, que llenándose rebosa sobre México y lo aniega como se ha verificado varios años, y más por mayor el año de 1629.

*Obras posteriores que se han hecho despues de la entrega del Consulado.*—Antiguamente los rios de Cuautitlan, Tepozotlan y otros, entraban en la laguna de Zumpango: estos rios se echaron al desagüe para impedir su entrada en dicha laguna, á la que le quedó la entrada de las aguas de las vertientes de Pachuca y otras. El año de 1796 se abrió un tajo abierto desde la laguna de Zumpango, por la hacienda de Jalpa, al rio de Cuautitlan para dirigir las aguas al desagüe: dicho tajo abierto tiene 4,600 varas de largo y tres de ancho en el fondo, con su caido de escarpe de más ó ménos abertura por la parte de arriba, segun el más ó ménos alto del terreno, por cuya corriente sale de la laguna de Zumpango una cantidad de agua de tres varas de ancho y una tres cuartas de alto, la que se templa con compuertas, para evitar que el rio,

haciendo retroceso, éntre en la dicha laguna cuando viene crecido, y para suspender la salida del agua de la laguna cuando conviene que no salga más. Costó la obra de este segundo tajo abierto, 89,000 pesos, siendo juez superintendente del desagüe, el Sr. D. Cosme de Mier y Trespalacios, oidor de la Real Audiencia. El dia 20 de Noviembre de dicho año de 1796, fué á ver la obra el Excmo. Sr. virey marqués de Branciforte, y en este dia, á su presencia, se soltó la corriente á la agua que sale de la laguna de Zumpango, continuando su salida hasta que bajó lo conveniente. Con esta obra se vino á conseguir sacar agua de dicha laguna de Zumpango encaminada al desagüe, que antiguamente sólo se conseguia que no le entrara la de los rios de Cuautitlan, Tepozotlan y sus anexos, al cabo de 189 años de haberse emprendido la obra del desagüe. Con esta cantidad gastada ahora, llega lo gastado en el desagüe hasta la fecha (sin los gastos menores de reparos anuales) á la cantidad de 5.763,861 pesos 6 reales 7 granos.

El albarradon que contiene las aguas de la laguna de San Cristóbal para que no derramen en la de Texcuco, tiene tres varas y media de alto, y otro tanto tienen que subir las aguas ántes de salvarlo. Con el fin de evitar que llegue el caso que suban tanto, cuando las lluvias sean crecidas y abundantes y causen grandes ruinas, el año de 1798 se abrió una zanja preventiva desde la dicha laguna de San Cristóbal, que cogiendo por un lado de la de Zumpango, y atravesándola por un corto espacio por entremedio de terraplenes de tierra, y sin mezclarse las aguas, las encamine al desagüe general, cuando las de la laguna de San Cristóbal hayan subido dos varas, y en este caso se logrará sacar una vara de agua de la dicha de San Cristóbal, esto es, una cantidad de agua que suba una vara por la nueva zanja. Se hizo esta obra, siendo superintendente el mismo Sr. D. Cosme de Mier y Trespalacios. Esta obra se respaldó con un albarradon de tierra, de grueso suficiente para que las aguas que salgan de la de San Cristóbal no se junten con las de Zumpango (por pasar por un lado de ella cogiendo parte de su suelo). Duró esta obra hasta Agosto de 1779, en la cual, con los reparos de la obra del desagüe general, puentes y otras cosas precisas, se gastaron 187,000 pesos. Con estas obras y operaciones se facilitó (segun me aseguró persona que asistió á ellas), sacar, segun se quiera y convenga, agua

de ambas lagunas separadamente de cada una, y encaminarlas al desagüe general. Dirigió estas obras como maestro de ellas, D. Ignacio Castera, maestro mayor de arquitectura de la nobilísima ciudad de México, y asciende lo gastado en el desagüe hasta la fecha, á la cantidad de $ 5.950,861 7 reales. De estas obras posteriores no he visto documento alguno de lo actuado, y sólo lo sé por el informe de la persona que llevo dicho á que me refiero.

FRANCISCO SEDANO.

NOTA.—La precedente curiosa noticia histórica del desagüe de Huehuetoca, la hemos copiado de un libro que permaneció inédito durante muchos años y fué impreso en el folletin de un periódico en 1880. Intitúlase el libro á que nos referimos: "Noticias de México, recogidas por D. Francisco Sedano, vecino de esta ciudad desde el año de 1756, coordinadas, escritas de nuevo y puestas en órden alfabético, en 1800."

El prologuista de la primera edicion, D. Joaquin García Icazbalceta, persona á todas luces competente, hace notar que la obra de Sedano se recomienda, entre otras cosas, porque *ofrece la inapreciable ventaja de contener en poco volúmen lo que se encuentra disperso en innumerables documentos, y algo más que no se hallará en otra parte.*

La autorizada opinion del Sr. García Icazbalceta, respecto á las "Noticias", de Sedano, es la que, principalmente, nos ha movido á reproducir en los ANALES de la Secretaría de Fomento, las que el laborioso compilador recogió sobre el Desagüe, y son las que acaban de verse.

Muy extensas son las que se deben al Sr. Orozco y Berra, y por lo tanto, no podemos reimprimirlas.

# LAS MINAS DE GUANAJUATO.

Memoria histórico-descriptiva de este distrito minero, escrita por disposicion de la Secretaría de Fomento, por Pedro L. Monroy, ingeniero de minas.

A la ilustrada iniciativa del señor Ministro de Fomento, General D. Cárlos Pacheco, debí el encargo especial en 1883, de escribir una Memoria histórica descriptiva de los Minerales de Guanajuato, Zacatecas y Catorce. Lisonjeado por tan honorífico nombramiento, teniendo en cartera multitud de datos y noticias referentes á estos importantes distritos mineros, y deseoso de entrar al desempeño de una comision que me proporcionaba la oportunidad de dedicarme á unas labores que siempre me han sido agradables, fijándome ménos en mis pocas aptitudes que en el buen deseo de llenar mi cometido, procuré expeditarme en mis demas ocupaciones, para marchar al terreno á completar mis datos, visitar las localidades y bosquejar su descripcion.

En cumplimiento de mi encargo, pude remitir al Ministerio dos artículos sobre Guanajuato, y cuando estaba sistemado recogiendo los datos geológicos que he juzgado de notoria importancia, fuí arrebatado del campo de trabajo para trasladarme á la cabecera de mi buen padre, atacado de una enfermedad que bien pude presumir fuera la última. Por desgracia mi creencia no fué errónea, y tuve que sufrir en mis afectos un golpe demasiado duro, que precedido de las consiguientes fatigas físicas, dejó mi salud

lastimada y mis facultades intelectuales poco expeditas para proseguir en mis tareas. El tiempo se encarga de restablecer el equilibrio moral perdido, y de reparar las fuerzas postradas, y con su auxilio pude volver á tomar el hilo de mis trabajos, que más tarde me fué preciso interrumpir por circunstancias ajenas de mi voluntad. Despues de estas vicisitudes y alternativas, hoy se encuentran mis labores en via de desempeño, y si el tiempo no me falta, podré terminar lo emprendido con tan buena voluntad de cumplirlo.

Despues de largos años de no visitar la Serranía de Guanajuato, y cuando mis estudios geológicos sobre diferentes comarcas del país, basados sobre las interesantes publicaciones de trabajos hechos por algunas de nuestras notabilidades científicas, habian fijado mis ideas sobre las épocas de formacion de nuestras principales cordilleras que se levantan del nivel general de nuestra elevada Mesa Central; á la vista de ese interesante grupo montañoso, sobre el que se encuentra radicado el gran distrito minero de Guanajuato, me fué preciso modificar mis antiguas apreciaciones y tanteos, y despues de haber procurado examinar cuantas regiones me parecieron importantes, entre las arrugas de un terreno poco explorado aún para la geología, sin amplias descripciones ni otra especie de guías por consiguiente que abreviasen mis labores, y siendo preciso á fuerza de trabajo y de tiempo invertido sobre muchas leguas cuadradas de superficie, buscar el contacto y la sobreposicion de las rocas, y sus relaciones mutuas de metamorfismo, para venir á asegurarme del enlace de las formaciones, fácilmente se comprende la magnitud considerable de tiempo invertido para venir á consignar el resultado en unas cuantas páginas descriptivas, y en el bosquejo de un plano geológico de la Serranía guanajuatense que acompaño, como un simple ensayo, no dudando será presto mejorado por los inteligentes ingenieros que residen en ese importante centro minero.

Guanajuato me ha parecido un país clásico para los estudios geológicos nacionales en sus relaciones con la formacion de las vetas, y éste fué el móvil principal que me impulsó á examinar más de cerca la constitucion de unas montañas de cuyo seno ha salido una enorme masa de metales preciosos.

En efecto, al dirigirme al Ministerio de Fomento en Febrero

1º de 1884, entre otras cosas decia yo lo siguiente, respecto de Guanajuato: "La descripcion geológica y la de sus criaderos metalíferos, por someras que ellas sean, exigen tiempo, en atencion á los estudios que es preciso emprender para recoger observaciones, clasificarlas, compararlas y deducir consecuencias que, si al ménos no fueren decisivas, sirvan para promover otros estudios de verdadera importancia y de positivo resultado práctico; por tanto fué preciso aplazar este trabajo para efectuarlo con ménos agitacion.

"Las observaciones científicas relativas á la explotacion de las minas y al beneficio de los frutos que producen, son de mucha importancia industrial para no darles el lugar que justamente les corresponde al tratar de Guanajuato. Así pues, aunque sea sin minuciosos detalles, entraré más adelante á describir los métodos aquí usados, comparándolos en sus resultados técnicos y económicos con los de otros distritos mineros del país.

"Mas ántes de concluir, y aun cuando sea de paso, llamaré la ilustrada atencion de vd. sobre la facilidad que hay en Guanajuato de emprender trabajos mineros sobre vetas poderosas, cuya explotacion perseverante y entendida, con el suficiente capital, remunera ampliamente á los empresarios. En efecto, los paninos ó rocas á través de los cuales hay que abrirse paso, son por lo general dóciles y los labrados permanecen abiertos de una manera firme. El agua de sus minas no es un enemigo terrible, y los elementos necesarios para el trabajo se logran á precios moderados. La gente operaria es dócil y se presenta en abundancia, y puede decirse que nada hay que dificulte el desarrollo de grandes empresas mineras, en escala hasta hoy desconocida en el país.

"Ligado Guanajuato á la capital de la República por medio del ferrocarril Central y á trece horas de camino, México puede ser perfectamente el centro minero de sus Compañías y el amplio mercado de circulacion de sus acciones de minas."

Esto esplica muy bien la importancia que daba á estos estudios en los momentos mismos en que los iba á emprender.

La exploracion de las Serranías de Zacatecas y Catorce, me ha sido más fácil, pues he contado con planos geológicos exactos, en cuanto es posible, puesto que proceden de personas laboriosas de-

dicadas á las mínas, que han emprendido estos trabajos como por simple recreo.

A riesgo de aparecer prolijo en el curso de mis narraciones, he procurado citar las fuentes de donde he tomado mis noticias, á fin de que, en caso necesario, puedan rectificarse recurriendo á los originales.

Sin tiempo para ampliar las cuestiones que he abordado sobre nuestros centros mineros argentíferos de mayor importancia, preciso me será estrecharme á la vista de un horizonte dilatado y hasta ahora poco recorrido por nuestros cronistas. Sirvan pues, estos apuntes para estimular á las numerosas personas inteligentes que residen en las localidades aludidas, á fin de que, con calma, con estudio y recorriendo los archivos antiguos, tratándose de asuntos históricos, esclarezcan los puntos oscuros y nos presenten detalles interesantes, ahora desconocidos; y por lo que se refiere á los asuntos de interes científico industrial, no hay que dudar que ellos serán examinados con detalle, más ó ménos tarde, para auxiliar con mano firme á las empresas explotadoras. Así pues, los estudios geológicos relacionados con los generales del país para el establecimiento de comparaciones en dilatada escala, y los meramente locales para darse cuenta de los accidentes de detalle, tan interesantes para el minero, no vacilo en creer que serán estudiados á fondo en época no lejana.

No deja de ser notable que estando al servicio de nuestra minería personas de sólidos y variados conocimientos científicos, de tal manera se concreten á los negocios que les están encomendados, que olviden cultivar el campo comun en provecho de todas las empresas presentes y futuras, y de las ciencias en general. Sorprenden las aptitudes variadas, físicas y morales de los mexicanos en los diversos climas del territorio, y en las diferentes escalas del órden social, muy particularmente cuando tienen una sólida instruccion científica; pero parece que hay una compensacion natural en nuestra raza y clima, pues tan excelentes circunstancias están balanceadas y en ocasiones nulificadas por cierta especie de indolencia unas veces, y otras por un optimismo que de nada se quiere ocupar si no se emprende el estudio con perfeccion. Así es que, unas veces porque los datos que caen á la mano no se asientan, y otras porque con la mira de emprender el

trabajo con perfeccion, se aplaza el consignar las apreciaciones formadas; el resultado es que las oportunidades, bien fáciles por cierto, se pierden, y nuestras regiones siguen siendo una tierra incógnita en el órden científico. Intrépidos viajeros arrostrando peligros, privaciones é incomodidades de toda especie, se lanzan entre los pueblos incultos del África para presentar al mundo civilizado el resultado de sus exploraciones, y nosotros, desaprovechando las facilidades que se nos presentan, parece que formamos un verdadero contraste que deberémos procurar desaparezca.

Muy satisfecho quedaré si los apuntes consignados en esta Memoria, sirven al ménos para despertar el deseo de estudiar algunos de los puntos que he tocado.

---

## CAPÍTULO I.

Breves consideraciones generales.—Ojeada sobre la produccion de metales preciosos de la República Mexicana, juzgada por las acuñaciones.—Importancia relativa de las minas de Guanajuato en esta produccion general.—Importancia de las vetas de Guanajuato, demostrada por sus bonanzas.

La historia general de las minas, fecunda en acontecimientos que bajo el punto de vista social presenta un gran campo de estudio al hombre de Estado y al economista, á veces se encuentra enlazada con esos grandes sucesos, cuya influencia deja percibirse á pesar del trascurso de los siglos. Una de las épocas que forman éra en esta historia, es la de los descubrimientos y conquistas efectuadas en el Nuevo Mundo, en donde los criaderos de metales preciosos, siendo tan abundantes en sus encrespadas cordilleras, no han podido ménos que dar lugar á considerables explotaciones. De aquella época data el gran aumento de esa especie de produccion metalífera, que resalta al observar á grandes rasgos la oscilacion general de esos productos en todo el globo. Así como la historia de los metales preciosos, contará como interesantes episodios el descubrimiento de los acarreos auríferos del Brasil, Siberia, California y Australia, ella señalará tambien como un período muy notable, la época en que se desarrollaron los trabajos subterráneos en América.

Despues que Hernan Cortés, Pizarro y los demas conquistadores españoles sometieron á la España dilatadas y fértiles comarcas del Nuevo Mundo; despues que aquellas tribus indígenas oriundas de las regiones más septentrionales de la América fueron quedando sujetas á la corona de Castilla, comenzaron esas ricas comarcas á producir grandes cantidades de oro y plata, que al refluir de un continente al otro hicieron de la España la nacion más rica y po-

derosa de los siglos XVI y XVII, y ocasionaron una revolucion en el valor relativo de los metales preciosos y de algunos géneros.

Si la economía política trata de registrar cuáles son los productos de esos laboríos, en una época en que se debate el porvenir del valor relativo del oro y la plata entre sí, no es menor el interes que esas minas presentan á los ojos del mineralogista, que pregunta cuáles son las sustancias que han llegado á encontrarse en los criaderos metalíferos, y de qué modo se hallan agrupados, y á los del geólogo que trata de rectificar en las montañas del nuevo continente, las leyes observadas en el Viejo Mundo, segun las cuales la naturaleza ha distribuido los metales en la costra de nuestro planeta. El metalurgista por su parte no dejará de conocer con interés, cuáles son y de qué modo se han empleado los agentes para la extraccion de una masa tan considerable de metales preciosos, que ha pasado á manos de las naciones comerciales más activas del Asia y de la Europa.

Entre los países célebres por su produccion argentífera se encuentra la República mexicana; así pues, la constitucion geológica de su suelo, la estructura de sus montañas y la naturaleza de sus criaderos, son objetos muy dignos de estudiarse, á fin de orillar conclusiones que pudieran ser de interes para las ciencias en general, y muy especialmente para tan importante ramo de industria nacional, cual es la de las minas.

Bajo el punto de vista político, dicha produccion ha ejercido grande influencia en el comercio de México con las demas naciones, y en el interior de este país ha verificado la industria y estimulado el agrupamiento de gran parte de su poblacion, bajo situaciones geográficas relacionadas con las de los laboríos de las minas.

En consecuencia, las alternativas de produccion de nuestras comarcas mineras, tienen que influir sobre el bienestar de las regiones que directa ó indirectamente están ligadas con la industria de las minas.

Los múltiples problemas y cuestiones importantes relacionados con ella, bien dependan de su régimen legislativo, del órden científico, ó de su administracion privada, afectan en su resolucion y desenlace los intereses generales de las zonas respectivas.

En este conjunto hay pues, muchos detalles que estudiar de ne-

cesaria trascendencia, y por consiguiente de notoria importancia, y bajo este punto de vista este escrito puede considerarse como una serie de notas para abordar el estudio de regiones enteras de nuestro país.

Antes de trazar el cuadro de las riquezas que Guanajuato ha producido, y el de la situacion geográfica y geológica de sus vetas metalíferas en medio de las cordilleras, será conveniente dar una ojeada sobre la produccion en metales preciosos de todo el territorio mexicano, por cuyo medio nos pondremos en estado de conocer la importancia relativa que tiene ese distrito, en una nacion en cuyo suelo ha querido la naturaleza depositar con cierta prodigalidad esa especie de riqueza.

El Baron de Humboldt[1] nos presentó en un resúmen de dos estados el progresivo desarrollo de las minas argentíferas mexicanas, tal cual podia juzgarse por la acuñacion de metales preciosos. Adoptando estos estados, y continuándolos hasta la época actual, obtengo:[2]

OSCILACIONES EN EL PRODUCTO DE LAS MINAS ARGENTÍFERAS MEXICANAS.

| Épocas. | Valor del oro y plata en pesos. | Épocas. | Valor del oro y plata en pesos. |
|---|---|---|---|
| De 1690 á 1699..... | 43.871,335 | De 1790 á 1799..... | 231.080,214 |
| ,, 1700 ,, 1709..... | 51.731,034 | ,, 1800 ,, 1809..... | 226.285,716 |
| ,, 1710 ,, 1719..... | 65.747,027 | ,, 1810 ,, 1819..... | 120.863,056 |
| ,, 1720 ,, 1729..... | 84.153,223 | ,, 1820 ,, 1829..... | 100.088,718 |
| ,, 1730 ,, 1739..... | 90.529,730 | ,, 1830 ,, 1839..... | 120.124,828 |
| ,, 1740 ,, 1749..... | 111.855,040 | ,, 1840 ,, 1849..... | 153.062,941 |
| ,, 1750 ,, 1759..... | 125.750,094 | ,, 1850 ,, 1859..... | 174.850,949 |
| ,, 1760 ,, 1769..... | 112.128,860 | ,, 1860 ,, 1869..... | 182.781,636 |
| ,, 1770 ,, 1779..... | 165.181,729 | ,, 1870 ,, 1879..... | 234.920,447 |
| ,, 1780 ,, 1789..... | 193.504,554 | ,, 1880 ,, 1887..... | 213.733,164 |

1 *Ensayo político sobre Nueva España.* 2ª Edicion traducida al castellano, tomo 3º, página 193. Paris, 1827.

2 Para la formacion de este resúmen, me he valido de los datos de acuñacion consignados en *La Moneda en México*, del Sr. Orozco y Berra, México, 1880, completándolos con los que yo mismo he colectado en el Ministerio de Fomento. Hasta fin de 1869, figuran decenios naturales, y de esta época en adelante, comenzando en Julio 1º de 1870, siguen períodos fiscales, dejando un hueco de seis meses sin inconveniente para el objeto. Hasta el año fiscal de

Obsérvase pues, que hubo un aumento progresivo en el rendimiento de las explotaciones, y por consiguiente en su actividad, hasta el último decenio del siglo pasado, que fué el período de apogeo de nuestras minas durante la época colonial. Todavía en el primer decenio de este siglo, la produccion se conservó con poco decrecimiento; pero en los dos períodos siguientes de 1810 á 1829, es muy notable la decadencia, bajando á ménos de la mitad de las anteriores épocas florecientes.

Así como las causas propicias que originaron el aumento progresivo y rápido del producto de los laboríos, desde 1720 á 1768, y más aún de 1768 á 1809, fueron la diminucion de los impuestos reales [la conversion del quinto en diezmo y la reduccion de uno y medio á uno por ciento], la diminucion del precio del azogue, la formacion de un Cuerpo de mineros, que manifestaba sus deseos por el órgano del Consejo Supremo ó Tribunal de Minería, el buen resultado en los progresos de la instruccion pública debidos á la Escuela de Minas de México, la declaracion del comercio libre en 1788, la supresion de la alcabala en los efectos de consumo para la minería, la facilidad del rescate de oro y plata en las tesorerías provinciales y el haber fijado el precio de la pólvora en 4 reales en vez de 6 la libra;[1] así tambien más tarde otras causas graves vinieron no solamente á detener ese progreso, sino aun á paralizar multitud de laboríos. De 1810 á 1821, la guerra de independencia haciendo perder su actividad al comercio, á consecuencia de la interrupcion en las comunicaciones, originó la escasez de los ingredientes y sustancias mas necesarias para el beneficio de las minas en los distritos mineros, y que el rescate del oro y la plata no tuviese ya regularidad por falta de efectivo necesario, que unas veces fué distraido de su objeto por las urgencias de la guerra, y otras se carecía de él por la dificultad de trasladarlo oportuna-

1871 á 1872 me valí, á falta de otro dato, de las acuñaciones de oro y plata, excluyendo las de cobre. Del año de 1872 á 1873 me valí de los datos de produccion de metales preciosos tal cual están consignados en el tomo publicado por el Ministerio de Fomento *La Crisis Monetaria*, México, 1886, página 56, anexo número 8. Los datos posteriores de produccion están tomados de las *Noticias de acuñaciones é introducciones*, publicadas por el Ministerio de Hacienda.

1 *Humboldt, Ensayo político.* 2ª Edicion castellana, tomo 3º, página 191.

mente á las minas, siendo la consecuencia necesaria la decadencia rápida de los productos.[1]

Concluida la guerra de insurreccion, de 1821 á 1829 el estado decadente continuaba, en razon á la falta de empresas para efectuar el desagüe y volver á poner en laborío las minas que ántes habian producido buenos resultados; pues gran parte de los españoles que poseian fuertes capitales habian emigrado. Una paralizacion brusca y larga en el giro de nuestras minas, es una verdadera calamidad para la comarca circunvecina, y despues, la rehabilitacion de los trabajos exige empleo de fuertes capitales refaccionarios tanto más difíciles de conseguir cuanto que la empresa por acometerse se tenga que basar sobre un campo de trabajo abandonado más vasto, y que por consiguiente requiera la aplicacion de un capital mayor, unido á las asíduas atenciones de personas animosas y perseverantes en negocios árduos y difíciles. Semejante estado de abatimiento, vino á desaparecer con el avío de las principales minas efectuado por compañías inglesas, y si bien los resultados no estuvieron en relacion con lo que era de esperarse,[2] debe notarse, sin embargo, que debido á ese impulso nuestras minas han prosperado despues, y sus productos se han ido aumentando, no obstante las convulsiones políticas que por muchos años destrozaron nuestro país.

El Sr. Humboldt distinguió aquellos períodos en que los progresos de los laboríos fueron más rápidos; tomarémos los guarismos

1 Véase en *La Moneda en México*, de D. Manuel Orozco y Berra, obra impresa en México en 1880, el final del muy interesante informe sobre nuestra minería, de los ingenieros D. Miguel Velázquez de Leon, D. Antonio del Castillo y D. Ignacio Rule, página 373, y en el opúsculo *La Crisis Monetaria*, el interesantísimo discurso de D. Gilberto Crespo y Martínez.

2 Es de advertir que, ni la esterilidad de nuestras minas, ni lo insuperable de las dificultades que en todo trabajo en escala se presentan, ni las exacciones forzosas de los revolucionarios, fueron las causas determinantes del fracaso de casi todas las Compañías Inglesas que vinieron á trabajar minas de plata á la República Mexicana. Cada Compañía abarcó un campo de accion muy dilatado para el capital suscrito, tomando demasiadas minas en diversos distritos mineros, muy retirados los unos de los otros, en una época en que las vías de comunicacion eran difíciles. Por este solo hecho la accion de cada una quedó encerrada, y además faltaron inteligencias en su personal directivo y administrativo adecuadas á la localidad, para buscarles á los negocios un desenlace favorable, sin embargo de la escasez del capital relativamen-

de su estado y los continuarémos para hacer notar mejor las alternativas de la produccion.

METALES PRECIOSOS EXTRAIDOS DE LAS MINAS MEXICANAS.

| EPOCAS. | | Valor del oro y plata. Año comun en pesos. | OSCILACION. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| De 1690 | á 1720 | 5.458,830 | | | | | |
| ,, 1721 | 1743 | 9.177,768 | En 27 | años | hubo un aumento de | | 3.700,000 ps. |
| ,, 1744 | 1770 | 11.854,825 | ,, 25 | ,, | ,, | ,, | 2.600,000 ,, |
| ,, 1771 | 1782 | 17.223,916 | ,, 19 | ,, | ,, | ,, | 5.300,000 ,, |
| ,, 1783 | 1790 | 19.517,081 | ,, 12 | ,, | ,, | ,, | 2.300,000 ,, |
| ,, 1791 | 1810 | 22.917,421 | ,, 14 | ,, | ,, | ,, | 3.400,000 ,, |
| ,, 1811 | 1826 | 10.550,359 | ,, 18 | ,, | hubo una baja | ,, | 12.300,000 ,, |
| ,, 1827 | 1844 | 12.300,143 | ,, 17 | ,, | hubo un aumento | ,, | 1.800,000 ,, |
| ,, 1845 | 1859 | 17.632,283 | ,, 16 | ,, | ,, | ,, | 5.300,000 ,, |
| ,, 1860 | 1869 | 18.278,164 | ,, 10 | ,, | ,, | ,, | 646,000 ,, |
| ,, 1870 | 1879 | 23.492,045 | ,, 9 | ,, | ,, | ,, | 5.200,000 ,, |
| ,, 1880 | 1887 | 30.184,395 | ,, 8 | ,, | ,, | ,, | 6.700,000 ,, |

Se observa que las minas, en constante progreso desde 1690 hasta 1810, decayeron muy rápidamente de 1811 á 1826, perdiéndose los progresos de más de 40 años. De esta época en adelante volvieron á entrar las explotaciones en un nuevo período de aumento progresivo, y hoy felizmente hemos superado con mucho en la produccion á los mejores tiempos de la época colonial.

Destácase como un período muy notable por el aumento rápido los productos, el último de 1880 á 1887. A la sombra benéfica de la paz bien consolidada en el país, esta industria se presenta floreciente y activa, y sin duda tomará aún mayor desarrollo en el futuro debido al esmero del Gobierno Federal para proteger

te al número y á la magnitud de las empresas acometidas. Véase en la obra *Mexico in* 1827 *by H. G. Ward*, London 1828, vol. II, pág. 47 á 97, un resúmen importante de los trabajos de estas compañías, y en las páginas 64 á 68 la lista pormenorizada de las minas que tomaron en avío. Véanse tambien las apreciaciones sobre el régimen de estas compañías de un escritor inglés en los *Anales de la Minería Mexicana*, México, 1861, página 176. Entre seis Compañías inglesas y una alemana, además de una pequeña inglesa y dos americanas, invirtieron en el país unos diez y siete millones de pesos. Véase tambien sobre este objeto, *Alamán*, *Historia de México*, tomo V, Apéndice al fin del volúmen, Documento núm. 25, página 81.

los intereses del giro de las minas, por medio de una legislacion central uniforme adecuada á las necesidades del ramo, y para abrigarla contra la avidez fiscal y las aberraciones legislativas de no pocos Estados. La crísis monetaria de 1886, provenida de la fuerte depreciacion de la plata en los mercados extranjeros, si bien se presentó bajo una forma siniestra y alarmante, ha traido la inmensa ventaja de que nuestro giro nacional por excelencia, que es el de las minas argentíferas, haya sido estudiado bajo diferentes aspectos por la ley de la necesidad, bien comprendida por un ministro inteligente, que ha puesto especial empeño en ese estudio, llamando en su derredor á verdaderas ilustraciones científicas, que con el poder de su palabra han atenuado los temores que se abrigaban. Además, á fin de aliviar en lo posible las consecuencias de la crísis, el Gobierno Federal ha publicado una série de decretos, cuyo benéfico resultado para el giro no tardarémos en conocer.

Los Sres. Velázquez de Leon, Castillo y Rule, ya citados, comentando los datos du produccion[1] correspondientes al fin del siglo pasado y principios del actual, consignados por el Sr. Humboldt, encontraron que la proporcion sobre cien marcos de plata obtenidos era la siguiente:

| | |
|---|---|
| Guanajuato, Zacatecas y Catorce | 52 |
| Guarisamey, Durango y Rosario | 16 |
| Tasco, Zacualpan y Temascaltepec | 10½ |
| Bolaños | 9 |
| Real del Monte y Pachuca | 5 |
| Zimapan | 2½ |
| Los minerales de Chihuahua y Oaxaca | 5 |
| Sobre un producto total de | 100 |

Refiriéndose el Sr. Humboldt á la plata, y estimando la produccion mexicana en principios de este siglo en 2.500,000 marcos (575,310 kilos) por año, nos dice que equivale á los dos tercios de la produccion anual del globo, y á diez veces la de todas las minas de Europa.[2]

1 *Orozco y Berra. La Moneda en México*, página 336.

2 *Ensayo Político sobre Nueva España*, 2ª edicion castellana, tomo III, página 43.

Estas proporciones han variado notablemente en el curso de ochenta años. En efecto, del interesante Cuadro Estadístico del Sr. Kimball, Director de la Casa de Moneda de Filadelfia,[1] resulta en promedio de los tres años de 1882 á 1784 que el valor de la produccion de metales preciosos de la República Mexicana es el 15 por ciento de la que pueda tomarse como total de todo el globo.

México, que por largos años ocupó el primer lugar como país productor de plata, en la segunda mitad de este siglo vino á ser reemplazado en esta categoría por los Estados Unidos, cuyas producciones correspondientes á los Estados del Oeste, forman época en los anales históricos de los metales preciosos.

Tomo del Sr. Humboldt el siguiente párrafo:[2] "Cuando en un distrito de corta extension, como por ejemplo el de Freiberg en Sajonia, se compara la cantidad de plata que anualmente se entrega á las Casas de Moneda, con el gran número de minas que se están beneficiando, se advierte, á poco que se examine, que aquel producto no se debe sino á una pequeña parte de las obras subterráneas, y que los nueve décimos de las minas no influyen casi para nada en la masa total de los minerales que se arrancan del seno de la tierra. Del mismo modo en México, sólo es un corto número de minas de donde se sacan los 2.500,000 marcos de plata que anualmente pasan á Europa y Asia por los puertos de Veracruz y de Acapulco. Los tres distritos que hemos tenido motivo de citar varias veces, á saber, los de Guanajuato, Zacatecas y Catorce, dan más de la mitad de esa suma. Una sola veta, la de Guanajuato, da casi la cuarta parte de toda la plata mexicana, y la sexta parte del producto de toda la América."

Para tener una idea de las variaciones ocurridas durante este siglo en la produccion de metales preciosos de Guanajuato, presentaré las siguientes comparaciones: Reunidas las acuñaciones de las Casas de Moneda mexicanas de 1830 á 1859, encuentro sobre el total de 450 millones de pesos, la distribucion comparativa siguiente:

1 En *La Crísis Monetaria*, página 56, Anexo núm. 6, está trascrito este interesante resúmen numérico.

2 *Ensayo Político sobre Nueva España.* Edicion castellana, tomo III, página 35.

| | |
|---|---|
| Guanajuato | 29.26 |
| Zacatecas | 27.74 |
| México | 14.10 |
| San Luis Potosí | 7.53 |
| Culiacan | 5.52 |
| Durango | 5.08 |
| Guadalupe y Calvo | 4.54 |
| Guadalajara | 4.04 |
| Chihuahua | 2.19 |
| Sobre un total de | 100.00 |

Terminada la decadencia general de nuestras minas, ocurrida de 1810 á 1829, en el período subsiguiente de treinta años, en el que la produccion tomó un curso ascencional marcado, Guanajuato conservaba aún el lugar preferente, á juzgar por las acuñaciones.

De los datos oficiales publicados por el Ministerio de Hacienda,[1] he sacado el siguiente resúmen, con el que he calculado la columna de comparacion:

ACUÑACIONES DE METALES PRECIOSOS EN EL DECENIO FISCAL DE JULIO 1º DE 1876 Á JUNIO 30 DE 1886.

| Casas de Moneda. | Acuñaciones. | Siendo 100 la acuñacion, las partidas parciales son. |
|---|---|---|
| México | 59.818,200 00 | 24.23 |
| Zacatecas | 52.684,856 00 | 21.34 |
| Guanajuato | 45.689,030 00 | 18.51 |
| San Luis Potosí | 26.861,085 00 | 10.88 |
| Chihuahua | 13.972,593 50 | 5.66 |
| Guadalajara | 12.505,457 30 | 5.07 |
| Álamos | 9.856,863 70 | 4. |
| Durango | 9.776,214 20 | 3.97 |
| Culiacan | 8.556,504 50 | 3.47 |
| Hermosillo | 5.679,950 50 | 2.31 |
| Oaxaca | 1.377,058 00 | .56 |
| Total | 246.777,812 70 | 100,00 |

1 *Noticias de las Acuñaciones é Introducciones de Metales Preciosos en el año fiscal de* 1885 *á* 1886, *formadas bajo la direccion de Javier Stávoli, jefe de la seccion sétima.* México, 1887.

Los datos oficiales[1] relativos al año fiscal de 1886 á 1887, presentan un cuadro comparativo bajo la forma siguiente:

Siendo 100 la total acuñacion.

COMPARACION DE LAS ACUÑACIONES.

| Casas de Moneda. | Total. | Plata. | Oro. |
|---|---|---|---|
| México | 30.37 | 29.41 | 61.51 |
| Zacatecas | 19.13 | 19.39 | 10.86 |
| Guanajuato | 15.05 | 15.31 | 5.44 |
| San Luis Potosí | 11.60 | 11.85 | 0.00 |
| Chihuahua | 9.67 | 9.86 | 1.50 |
| Guadalajara | 3.62 | 3.70 | 0.00 |
| Durango | 3.58 | 3.67 | 0.00 |
| Álamos | 3.09 | 3.00 | 10.54 |
| Culiacan | 2.73 | 2.64 | 9.58 |
| Hermosillo | .71 | .72 | 0.00 |
| Oaxaca | .45 | .45 | .57 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

La acuñacion de Zacatecas se descompone en:

| | |
|---|---|
| Plata de la Serranía de Zacatecas | 16.29 |
| Idem de los demas distritos del Estado | 3.10 |
| Total plata del Estado | 19.39 |

La acuñacion de San Luis Potosí se descompone en:

| | |
|---|---|
| Plata de la Serranía de Catorce | 9.95 |
| Idem de los demas distritos del Estado | 1.90 |
| Total plata de este Estado | 11.85 |

Aunque estos cuadros no son rigurosamente exactos para juzgar de la produccion, por la parte de metales preciosos exportados sin amonedarse; en estado metálico ó en el de minerales ricos; pero como esto no es más que una fraccion del total que afecta á

1 *Noticias de las Acuñaciones é Introducciones de Metales Preciosos en el año fiscal de* 1886 *á* 1887, *por el Sr. Stávoli.* México, 1887.

todas las Casas de Moneda, las consecuencias generales que se deduzcan no se alejarán demasiado de la verdad.

Es muy notable en los últimos años el aumento de la produccion de las minas de Pachuca y Real del Monte, cuyo monto ha levantado de una manera fuerte la acuñacion de la Casa de Moneda de México. En la actualidad producen esas explotaciones en marcha floreciente, de la sexta á la sétima parte de toda la plata mexicana, ó sea otro tanto de lo que rinde actualmente Guanajuato, que con poca diferencia, es igual al producto del distrito minero de Zacatecas.

Si á fines del siglo pasado y principios del actual, Guanajuato suministraba la cuarta parte de toda la plata mexicana, su produccion fué todavía en aumento despues, hasta llegar á ser el 29¼ por 100 del total, y más tarde, habiendo quedado casi estacionaria, como se verá con números más adelante, enmedio del creciente desarrollo de nuestras minas, la proporcion relativa ha ido disminuyendo hasta llegar á ser cerca de la mitad de la de los períodos más favorables. Hoy puede decirse que no produce más que la sétima parte de toda la plata mexicana.

Tratándose de Guanajuato, esta aseveracion deducida de las acuñaciones es exacta, supuesto que á esa Casa de Moneda se introducen poquísimos metales agenos al distrito metalífero; porque por un contraste muy explicable, miéntras en las cercanías de la capital el movimiento minero es activo, en los demas distritos del Estado apénas ha dado señales de vida.

No acontece lo mismo con Zacatecas, á cuya Casa de Moneda concurren las platas de Chalchihuites, Fresnillo, Jerez, Mazapil, Minillas, Nieves, Noria de Ángeles, Ojo Caliente, Pinos, Sombrerete y Villanueva.

El producto de cada uno de estos grupos de minas, no ha sido pequeño. Fresnillo en la década de 1853 á 1862 produjo 9.825,596 pesos 68 cs.[1] Los datos oficiales del Ministerio de Hacienda ya citados, fijan estas producciones parciales:

1 Dictámen de los Sres. Velázquez de Leon, Castillo y Rule, en "*La Moneda en México*," del Sr. Orozco y Berra, página 355.

| | Plata de las minas del Estado de Zacatecas. | Plata de la Serranía de Zacatecas. |
|---|---|---|
| Año fiscal de 1877 á 1878 | 4.713,506 | 4.073,450 |
| ,, ,, ,, 1878 á 1879 | 4.592,098 | 3.977,621 |
| ,, ,, ,, 1879 á 1880 | 5.360,875 | 4.659,257 |
| ,, ,, ,, 1880 á 1881 | 5.615,977 | 4.886,277 |
| ,, ,, ,, 1881 á 1882 | 5.568,202 | 4.722,454 |
| ,, ,, ,, 1882 á 1883 | 5.013,664 | 4.257,124 |
| ,, ,, ,, 1883 á 1884 | 4.824,626 | 4.066,528 |
| ,, ,, ,, 1884 á 1885 | 4.825,516 | 3.979,067 |
| ,, ,, ,, 1885 á 1886 | 4.822,522 | 3.664,153 |
| ,, ,, ,, 1886 á 1887 | 4.969,668 | 4.121,662 |
| Totales en 10 años..... | 50.306,654 | 42.407,593 |

De aquí resulta que la plata del distrito minero de Zacatecas es el 84 por 100 de la total del Estado, y el 16.29 por 100 de la total del país.

Respecto de Catorce, los datos oficiales arrojan el resultado siguiente:

| | Produccion del Estado de San Luis Potosí. | Produccion de Catorce. |
|---|---|---|
| Año fiscal de 1877 á 1878 ..... | 2.092,886 | 1.632.058 |
| ,, ,, ,, 1878 á 1879..... | 2.653,110 | 2.184,894 |
| ,, ,, ,, 1879 á 1880..... | 2.452,925 | 2.036,979 |
| ,, ,, ,, 1880 á 1881..... | 2.280,661 | 1.896,016 |
| ,, ,, ,, 1881 á 1882..... | 2.382,886 | 1.968,177 |
| ,, ,, ,, 1882 á 1883..... | 3.168,584 | 2.744,207 |
| ,, ,, ,, 1883 á 1884..... | 3.218,753 | 2.806,832 |
| ,, ,, ,, 1884 á 1885..... | 3.420,397 | 2.876,736 |
| ,, ,, ,, 1885 á 1886..... | 3.615,697 | 3.079,544 |
| ,, ,, ,, 1886 á 1887..... | 3.160,245 | 2.735,571 |
| En diez años..... | 28.446,144 | 23.961,014 |

Así pues, en la produccion general de plata del Estado de San Luis Potosí, las minas de la Serranía de Catorce, incluyendo las de Matehuala, situadas sobre las vertientes orientales de la misma, representan el 84 por 100.

La acuñacion de San Luis Potosí se descompone:

| | |
|---|---|
| En la correspondiente á Catorce..... | 9.95 |
| A los demas distritos del Estado..... | 1.90 |
| Total sobre la acuñacion general..... | 11.85 |

Los tres grupos de montañas cuyos declives se pierden sobre las suaves ondulaciones de la Mesa Central del país, conocidas con los nombres de «Sierra de Guanajuato,» «Sierra de Zacatecas» y «Sierra de Catorce,» dan un contingente á la desarrollada produccion actual, de más de los cuatro décimos de la plata mexicana.

No he podido lograr datos detallados antiguos de la produccion en metales preciosos de Guanajuato. En el archivo del Ensaye de Caja, se encuentran las notas individuales de las antiguas introducciones, pero para calcularlas una á una, á fin de reunir las de cada año, y despues la de cada siglo, se necesita un tiempo y un personal con el cual no he podido contar. Presentaré solamente un grupo de años que pude encontrar reasumido y con probabilidades de ser exacto.[1]

| | |
|---|---|
| En 1754, marcos de plata introducida al Ensaye.... | 253,995 |
| „ 1755, „ „ „ .... | 259,387 |
| „ 1756, „ „ „ .... | 267,440 |
| „ 1757, „ „ „ .... | 293,508 |
| „ 1758, „ „ „ .... | 232,850 |
| Producto del quinquenio..... | 1.307,180 marcos, ó |
| sea un promedio por año de..... | 261,436 marcos, que |
| á $ 8½ dan un valor medio por año de..... .. | 2.222,206 pesos. |

En conjunto, el único período de importancia, del cual he logrado datos, es el siguiente:

La Diputacion de Minería suministró á D. Lúcas Alaman los siguientes:[2]

"Productos de las minas de Guanajuato de 1701 á 1800.

En los cien años los productos fueron los siguientes:

| | | |
|---|---|---|
| En plata copella | 173,750 barras con marcos..... | 22.590,643 |
| „ de fuego | 70,741 „ „ „ ..... | 9.189,744 |
| Suman..... | 244,491 barras con marcos..... | 31.780,387 |

1 En la primera foja del libro del Ensaye correspondiente á 1724, se encuentra una nota por la cual aparece que Guanajuato produjo en diez años, de 1712 á 1722, 12.731,087 marcos, que á $ 8½ harian $ 108.214,239. La total acuñacion de la Casa de Moneda de México, única existente entónces, en igual período, ascendió á $ 82.000,000, de modo que la nota aparece notoriamente inexacta.

2 *Historia de México por D. Lúcas Alaman*, tomo V, México, 1852. Apéndice al fin del volúmen, pág. 32.

En las barras de ambos beneficios hubo 15,000 barras con oro de diferentes leyes, y reducido éste á 22 quilates, dieron 70,275 marcos.

| | |
|---|---|
| Los 31.780,387 marcos de plata, á $ 8 2 rs..... | $ 262.188,192.6 |
| Los 70,275 ,, ,, oro, á $ 128..... | 8.995,200.0 |
| Produjo Guanajuato en los cien años..... | $ 271.183,392.6" |

Es de advertir que los precios de valorizacion de esta nota son bajos, pues la plata cuyo peso figura á sus leyes, por lo ménos podria ponerse á $ 8½, supuesta la predominacion de la plata copella que es casi enteramente fina ó pura, y en cuanto al oro de 22 quilates, bien puede estimarse en $ 136.

| | |
|---|---|
| Valor de la plata á $ 8½ marco..... | $ 270.133,289 |
| Idem del oro á $ 136 marco..... | 9.557,400 |
| Valor de los metales preciosos producidos por el distrito de minas de Guanajuato en cien años.. | $ 279.690,689 |

Comparando esta cantidad con la amonedacion mexicana en todo el siglo, resulta que las minas de Guanajuato, en este dilatado espacio, han dado de la cuarta á la quinta parte de la produccion total.

Humboldt consigna los primeros datos detallados que tenemos sobre la produccion auro-argentífera de Guanajuato, tomados de un documento oficial[1] que paso á trascribir.

## PRODUCTO DEL DISTRITO DE MINAS DE GUANAJUATO.

ORO.

| ÉPOCAS. | Sacado por amalgamacion. | | | Sacado por la fundicion. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Castellanos. | Tomines. | Granos. | Castellanos. | Tomines. | Granos. |
| 1766..... | 702 | 3 | 9 | 35,542 | 4 | 0 |
| 1767..... | 552 | 0 | 0 | 46,325 | 4 | 10 |
| 1768..... | 0 | 0 | 0 | 40,130 | 0 | 0 |
| 1769..... | 0 | 0 | 0 | 31,543 | 0 | 0 |
| 1770..... | 5,361 | 6 | 8 | 46,945 | 0 | 0 |
| 1771. .... | 7,938 | 3 | 8 | 47,980 | 0 | 3 |

1 «*Razon de los castellanos de oro de ley de* 22 *quilates y marcos de plata de* 12 *dineros, de los beneficios de azogue y fuego, manifestados en la Tesorería principal de Real hacienda de Guanajuato, desde* 1º *de Enero de* 1766, *hasta* 31 *de Diciembre de* 1803.» *Ensayo Político sobre Nueva España*, traduccion castellana, tomo 3º, pág. 69.

| ÉPOCAS. | Sacado por amalgamacion. Castellanos. | Tomines. | Granos. | Sacado por la fundicion. Castellanos. | Tomines. | Granos. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1772..... | 7,759 | 2 | 2 | 50,917 | 3 | 8 |
| 1773..... | 5,135 | 4 | 0 | 35,662 | 0 | 0 |
| 1774..... | 1,985 | 5 | 9 | 30,835 | 5 | 1 |
| 1775..... | 6,235 | 4 | 8 | 50,671 | 7 | 0 |
| 1776..... | 22,527 | 4 | 0 | 81,642 | 4 | 4 |
| 1777..... | 21,673 | 6 | 3 | 74,481 | 3 | 3 |
| 1778..... | 23,034 | 6 | 8 | 50,100 | 6 | 3 |
| 1779..... | 31,115 | 2 | 3 | 50,686 | 3 | 5 |
| 1780..... | 25,044 | 0 | 0 | 29,123 | 4 | 1 |
| 1781..... | 30,790 | 2 | 6 | 27,781 | 0 | 1 |
| 1782..... | 24,645 | 2 | 10 | 15,975 | 7 | 8 |
| 1783..... | 32,887 | 3 | 4 | 20,830 | 0 | 7 |
| 1784..... | 28,332 | 4 | 10 | 25,194 | 3 | 1 |
| 1785..... | 26,823 | 2 | 4 | 20,012 | 0 | 5 |
| 1786..... | 25,217 | 0 | 5 | 12,275 | 5 | 4 |
| 1787..... | 21,820 | 0 | 2 | 13,124 | 5 | 4 |
| 1788..... | 13,160 | 7 | 4 | 10,374 | 2 | 9 |
| 1789..... | 16,451 | 5 | 4 | 16,927 | 0 | 10 |
| 1790..... | 21,219 | 2 | 2 | 13,135 | 4 | 9 |
| 1791..... | 25,654 | 6 | 7 | 23,407 | 5 | 0 |
| 1792..... | 16,855 | 3 | 1 | 8,434 | 5 | 0 |
| 1793..... | 28,257 | 2 | 10 | 16,360 | 1 | 4 |
| 1794..... | 23,090 | 1 | 0 | 7,084 | 2 | 1 |
| 1795..... | 31,518 | 1 | 0 | 24,441 | 5 | 7 |
| 1796..... | 43,538 | 5 | 6 | 10,505 | 7 | 7 |
| 1797..... | 34,454 | 0 | 0 | 13,962 | 6 | 3 |
| 1798..... | 92,074 | 6 | 9 | 34,393 | 7 | 5 |
| 1799..... | 67,332 | 1 | 4 | 31,316 | 6 | 7 |
| 1800..... | 71,791 | 2 | 4 | 24,833 | 6 | 9 |
| 1801..... | 49,305 | 0 | 8 | 31,579 | 5 | 6 |
| 1802..... | 46,459 | 0 | 4 | 40,401 | 1 | 2 |
| 1803..... | 59,772 | 1 | 1 | 17,100 | 2 | 8 |

PLATA.

| ÉPOCAS. | Sacada por amalgamacion. Marcos. | Onzas. | Marcos. | Sacada por la fundicion. Onzas. | Ochavas. | Tomines. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1766..... | 207,412 | 5 | 86,407 | 1 | 0 | 0 |
| 1767..... | 185,439 | 2 | 77,847 | 3 | 0 | 0 |
| 1768..... | 194,579 | 4 | 87,906 | 0 | 1 | 8 |

| ÉPOCAS. | Sacada por amalgamacion. Marcos. | Onzas. | Marcos. | Sacada por la fundicion. Onzas. | Ochavas. | Tomines. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1769..... | 194,628 | 2 | 106,444 | 3 | 3 | 11 |
| 1770..... | 233,235 | 6 | 123,782 | 0 | 6 | 0 |
| 1771..... | 299,016 | 1 | 120,845 | 2 | 5 | 11 |
| 1772..... | 287,160 | 7 | 96,412 | 0 | 7 | 0 |
| 1773..... | 267,621 | 7 | 136,799 | 4 | 4 | 1 |
| 1774..... | 243,601 | 4 | 98,957 | 0 | 3 | 2 |
| 1775..... | 277,589 | 7 | 96,727 | 7 | 5 | 5 |
| 1776..... | 454,175 | 7 | 164,756 | 1 | 7 | 1 |
| 1777..... | 452,226 | 4 | 169,921 | 0 | 1 | 1 |
| 1778..... | 431,850 | 5 | 93,152 | 5 | 0 | 5 |
| 1779..... | 418,215 | 2 | 118,200 | 5 | 0 | 9 |
| 1780..... | 338,470 | 4 | 138,821 | 1 | 1 | 2 |
| 1781..... | 403,772 | 7 | 162,184 | 0 | 7 | 0 |
| 1782..... | 309,734 | 1 | 148,302 | 4 | 1 | 2 |
| 1783..... | 430,957 | 5 | 113,145 | 3 | 2 | 1 |
| 1784..... | 386,861 | 7 | 100,319 | 3 | 2 | 0 |
| 1785..... | 365,306 | 2 | 100,836 | 5 | 3 | 1 |
| 1786..... | 316,332 | 5 | 96,300 | 7 | 6 | 4 |
| 1787..... | 365,038 | 3 | 103,223 | 3 | 0 | 3 |
| 1788..... | 403,894 | 3 | 93,657 | 1 | 5 | 7 |
| 1789..... | 487,321 | 6 | 137,120 | 2 | 4 | 7 |
| 1790..... | 463,807 | 6 | 131,318 | 0 | 4 | 8 |
| 1791..... | 623,921 | 5 | 143,685 | 5 | 7 | 3 |
| 1792..... | 541,735 | 6 | 93,711 | 6 | 4 | 1 |
| 1793..... | 440,581 | 4 | 76,035 | 3 | 1 | 8 |
| 1794..... | 443,366 | 3 | 81,206 | 3 | 3 | 4 |
| 1795..... | 462,444 | 5 | 104,652 | 6 | 1 | 0 |
| 1796..... | 404,639 | 2 | 84,486 | 7 | 6 | 6 |
| 1797..... | 592,512 | 1 | 114,540 | 2 | 6 | 10 |
| 1798..... | 521,888 | 4 | 104,048 | 5 | 3 | 3 |
| 1799..... | 406,286 | 5 | 93,679 | 4 | 2 | 5 |
| 1800..... | 397,119 | 4 | 109,557 | 0 | 7 | 2 |
| 1801..... | 221,590 | 1 | 118,860 | 1 | 7 | 0 |
| 1802..... | 319,719 | 0 | 117,460 | 1 | 4 | 0 |
| 1803..... | 659,993 | 7 | 84,172 | 4 | 7 | 0 |

«He indicado en este estado, año por año, el oro y plata que han dado las minas de Guanajuato desde 1766 hasta 1803, y he separado los metales sacados por medio de la amalgamacion de los obtenidos por fundicion. Un marco de oro contiene 50 caste-

llanos, que equivalen á 400 tomines ó 4.800 granos. Resulta, pues, de este estado, que está hecho sobre documentos de oficio, que el distrito de las minas de Guanajuato ha dado, en 38 años, al pié de 165 millones de pesos en oro y plata, y que desde 1786 á 1803, ha sido su producto, en año comun, de 556,000 marcos de plata, que equivalen á $ 4.727,000. Todas las vetas de la Hungría y de Transilvania juntas, no dan sino 85,800 marcos de plata.

«Tomando las médias proporcionales de cuatro períodos, de las cuales tres se componen de diez años y una de 8, aparecen los resultados siguientes:

| ÉPOCAS. | Valor del producto total del oro y plata sacados de las minas de Guanajuato. | Plata correspondiente á un año medio. | Valor del oro y plata correspondientes á un año medio. |
|---|---|---|---|
| 1766 á 1775..... | $ 30.320,503 | 342,241 marcos. | $ 3.032,050 |
| 1776 á 1785..... | 46.692,863 | 528,121 ,, | 4.669,286 |
| 1786 á 1795..... | 48.682,662 | 560,936 ,, | 4.868,266 |
| 1796 á 1803..... | 39.306,117 | 551,319 ,, | 4.913,265» |

A continuacion se encuentra un estado de metales preciosos producidos por Guanajuato desde 1800 hasta 1829. Los cuatro primeros años están tomados del cuadro anterior de Humboldt; los demas yo mismo los he recogido de la oficina de Ensaye, y no sé que hasta ahora hayan sido publicados en coleccion completa.[1]

METALES PRECIOSOS OBTENIDOS DE LAS MINAS DE GUANAJUATO EN LOS PRIMEROS 30 AÑOS DEL SIGLO XIX.

| AÑOS. | ORO DE 22 QUILATES. Marcos. | Cents. | PLATA. Marcos. | EN 10 AÑOS. ORO. Marcos. | PLATA. Marcos. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1800..... | 1,932 | 50..... | 506,677 | | |
| 1801..... | 1,617 | 70..... | 340,450 | | |
| 1802..... | 1,737 | 20..... | 437,179 | | |
| Al frente... | 5,287 | 40 | 1.284,306 | | |

1 En las adiciones del traductor castellano de la 2ª edicion del *Ensayo Político* de Humboldt, tomo 3º, pág. 376, figuran los productos de Guanajuato de 1801 á 1818, con cantidades que no concuerdan con las que presentó Mr. Ward en su obra ya citada: «*México en* 1827,» vol. II, pág. 44, manifiesta en dos cuadros la plata y oro registrados en la oficina de Ensaye de Guanajuato, de 1796 á 1825. Sus números no están tampoco de acuerdo con los mios, pero los resultados generales discrepan poco relativamente, por las compensaciones en pro y en contra.

| AÑOS. | ORO DE 22 QUILATES. Marcos. | Cents. | PLATA. Marcos. | EN 10 AÑOS. ORO. Marcos. | PLATA. Marcos. |
|---|---|---|---|---|---|
| Del frente... | 5,287 | 40..... | 1.284,306 | | |
| 1803..... | 1,537 | 45..... | 744,165 | | |
| 1804..... | 2,228 | 00..... | 761,819 | | |
| 1805..... | 2,496 | 00..... | 728,608 | | |
| 1806..... | 2,188 | 00..... | 622,643 | | |
| 1807..... | 2,397 | 00..... | 582,853 | | |
| 1808..... | 1,842 | 00..... | 622,159 | | |
| 1809..... | 2,190 | 00..... | 624,747 | 20,166 | 5.971,300 |
| 1810..... | 1,412 | 00..... | 509,348 | | |
| 1811..... | 551 | 00..... | 272,177 | | |
| 1812..... | 907 | 00..... | 360,635 | | |
| 1813..... | 463 | 00..... | 295,038 | | |
| 1814..... | 708 | 00..... | 341,061 | | |
| 1815..... | 842 | 00..... | 278,655 | | |
| 1816..... | 695 | 75..... | 272,460 | | |
| 1817..... | 524 | 19..... | 207,810 | | |
| 1818..... | 401 | 56..... | 155,112 | | |
| 1819..... | 450 | 28..... | 145,362 | 5,543 | 2.328,310 |
| 1820..... | 326 | 36..... | 100,466 | | |
| 1821..... | 298 | 47..... | 73,982 | | |
| 1822..... | 597 | 53..... | 95,305 | | |
| 1823..... | 413 | 70..... | 96,802 | | |
| 1824..... | 517 | 47..... | 106,775 | | |
| 1825..... | 419 | 50..... | 100,193 | | |
| 1826..... | 397 | 23..... | 118,952 | | |
| 1827..... | 841 | 03..... | 162,363 | | |
| 1828..... | 877 | 67..... | 175,970 | | |
| 1829..... | 1,177 | 48..... | 255,634 | 5,866 | 1.286,442 |
| Producto de 30 años..... | | | | 31,575 | 9.586,052 |

Poniendo el marco de plata á $ 8½ y el de oro á $ 136, obtengo:

| DECENIOS. | ORO. Valor en pesos. | PLATA. Valor en pesos. | Total valor en pesos. |
|---|---|---|---|
| De 1800 á 1809..... | 2.742,576..... | 50.756,050..... | 53.498,626 |
| ,, 1810 á 1819..... | 753,848..... | 19.790,635..... | 20.544,483 |
| ,, 1820 á 1829..... | 797,776..... | 10.934,757..... | 11.732,533 |
| En 30 años..... | 4.294,200..... | 81.481,442..... | 85.775,642 |

De 1830 en adelante, contamos con los datos exactos de la acuñacion de la Casa de Moneda de Guanajuato, para estimar la produccion de las minas.

CANTIDADES DE ORO Y PLATA ACUÑADAS POR LA CASA DE MONEDA DE GUANAJUATO, DE 1830 Á 1887.

| AÑOS. | PLATA. Pesos. | ORO. Pesos. | TOTAL. Pesos. | DECENIOS. Plata. | Oro. | Total. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1830 | 2.417,300 | 143,824 | 2.561,124 | | | |
| 1831 | 2.198,250 | 84,632 | 2.282,882 | | | |
| 1832 | 2.555,200 | 197,328 | 2.752,528 | | | |
| 1833 | 2.995,000 | 211,256 | 3.206,256 | | | |
| 1834 | 2.532,500 | 200,448 | 2.732,948 | | | |
| 1835 | 2.232,000 | 175,976 | 2.407,976 | | | |
| 1836 | 2.340,500 | 171,472 | 2.511,972 | | | |
| 1837 | 2.857,000 | 151,024 | 3.008,024 | | | |
| 1830 | 2.697,000 | 331,664 | 3.028,664 | | | |
| 1839 | 3.029,000 | 331,256 | 3.360,256 | 25.853,750 | 1.998,880 | 27.852,630 |
| 1840 | 3.460,500 | 436,168 | 3.896,668 | | | |
| 1841 | 3.296,000 | 440,540 | 3.736,540 | | | |
| 1842 | 2.948,500 | 528,320 | 3.476,820 | | | |
| 1843 | 2.964,200 | 382,464 | 3.346,664 | | | |
| 1844 | 4.219,900 | 441,808 | 4.661,708 | | | |
| 1845 | 4.040,530 | 345,172 | 4.385,702 | | | |
| 1846 | 4.025,859 | 299,264 | 4.325,123 | | | |
| 1847 | 6.004,500 | 430,408 | 6.434,908 | | | |
| 1848 | 7.073,400 | 582,000 | 7.655,400 | | | |
| 1849 | 7.773,650 | 587,784 | 8.361,434 | 45.807,039 | 4.473,928 | 50.280,967 |
| 1850 | 7.801,300 | 709,472 | 8.510,772 | | | |
| 1851 | 7.011,750 | 606,022 | 7.617,772 | | | |
| 1852 | 7.625,650 | 746,956 | 8.372,606 | | | |
| 1853 | 6.245,922 | 723,078 | 6.969,000 | | | |
| 1854 | 5.029,700 | 450,288 | 5.479,988 | | | |
| 1855 | 4.698,800 | 555,200 | 5.254,000 | | | |
| 1856 | 4.306,524 | 479,476 | 4.786,000 | | | |
| 1857 | 4.747,300 | 570,700 | 5.318,000 | | | |
| 1858 | 4.725,256 | 489,744 | 5.215,000 | | | |
| 1859 | 5.046,120 | 438,880 | 5.485,000 | 57.238,322 | 5.769,816 | 63.008,138 |
| | | | Al frente..... | 128.899,111 | 12.242,624 | 141.141,735 |

| AÑOS. | PLATA. Pesos. | ORO. Pesos. | TOTAL. Pesos. | DECENIOS. Plata. | Oro. | Total. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Del frente..... | | 128.899,111 | 12.242,624 | 141.141,753 |
| 1860 | 5.371,271 | 413,729 | 5.785,000 | | | |
| 1861 | 4.887,200 | 496,640 | 5.383,840 | | | |
| 1862 | 4.250,850 | 409,150 | 4.660,000 | | | |
| 1863 | 5.242,200 | 507,800 | 5.750,000 | | | |
| 1864 | 4.113,200 | 546,800 | 4.660,000 | | | |
| 1865 | 3.572,000 | 488,000 | 4.060,000 | | | |
| 1866 | 3.673,000 | 388,000 | 4.061,000 | | | |
| 1867 | 3.708,000 | 374,000 | 4 082,000 | | | |
| 1868 | 3.734,000 | 436,000 | 4.170,000 | | | |
| 1869 | 3.549,000 | 376,000 | 3.925,000 | 42.100,721 | 4.436,119 | 46.536,840 |
| 1870 | 3.765,000 | 441,000 | 4.206,000 | | | |
| 1871 | 4.047,000 | 403,000 | 4.450,000 | | | |
| 1872 | 4.191,000 | 379,000 | 4.570,000 | | | |
| 1873 | 3.867,000 | 333,000 | 4.200,000 | | | |
| 1874 | 4.233,000 | 501,000 | 4.734,000 | | | |
| 1875 | 4.267,000 | 311,000 | 4.578,000 | | | |
| 1876 | 4.296,000 | 289,000 | 4.585,000 | | | |
| 1877 | 4.501,000 | 302,400 | 4.803,400 | | | |
| 1878 | 4.449,000 | 260,300 | 4.709,300 | | | |
| 1879 | 4.514,000 | 164,040 | 4.678,040 | 42.130,000 | 3.383.740 | 45.513,740 |
| 1880 | 4.249,500 | 147,500 | 4.397,000 | | | |
| 1881 | 4 110,000 | 98,180 | 4.208,180 | | | |
| 1882 | 4.254,500 | 80,400 | 4.334,900 | | | |
| 1883 | 4.234,000 | 92,400 | 4.326,400 | | | |
| 1884 | 4.815,500 | 35,960 | 4.851,460 | | | |
| 1885 | 4.930,000 | 53,200 | 4.983,200 | | | |
| 1886 | 4.258,000 | 21,800 | 4.279,800 | | | |
| 1887 | 4.322,000 | 21,680 | 4.343,680 | | | |
| | Total acuñacion en ocho años.... | | | 35.173,500 | 551,120 | 35.724,620 |
| | TOTAL ACUÑACION EN 58 AÑOS.... | | | 248 303,332 | 20.613,603 | 268.916,935 |

He marcado las acuñaciones año por año; y si hasta cierta época expresan con bastante aproximacion el producto de las minas, de 1873 en adelante comenzó la exportacion de metales preciosos en barras en cantidades no poco considerables.

En 1873, segun los documentos oficiales, el valor de esta ex-

portacion ascendió en conjunto, oro y plata, á $ 14,148–31.[1] En 1874 no se hizo notable todavía; pero de 1875 en adelante, se advierte un descenso rápido en las acuñaciones de oro, debido á la exportacion. El siguiente cuadro, que debo á la amabilidad del Ingeniero D. Miguel Septien, Director de la Casa de Moneda, la pone de manifiesto.

METALES PRECIOSOS REGISTRADOS PARA LA EXPORTACION.

| AÑOS. | PLATA. | | ORO. | | TOTALES. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ps. | Cs. | Ps. | Cs. | Ps. | Cs. |
| 1875 | 519,251 | 72 | 298,482 | 14 | 817,733 | 86 |
| 1876 | 248,127 | 35 | 217,564 | 51 | 465,691 | 86 |
| 1877 | 162,226 | 05 | 165,974 | 19 | 328,200 | 24 |
| 1878 | 226,896 | 11 | 188,422 | 13 | 415,318 | 24 |
| 1879 | 355,222 | 09 | 279,485 | 14 | 634,707 | 23 |
| 1880 | 337,730 | 97 | 247,306 | 95 | 585,037 | 92 |
| 1881 | 323,665 | 38 | 248,041 | 23 | 571,706 | 61 |
| 1882 | 405,808 | 87 | 292,389 | 57 | 698,198 | 44 |
| 1883 | 430,042 | 30 | 287,905 | 03 | 717,947 | 33 |
| 1884 | 527,835 | 87 | 426,194 | 44 | 954,030 | 31 |
| 1885 | 482,898 | 26 | 397,953 | 83 | 880,852 | 09 |
| 1886 | 415,769 | 42 | 369,287 | 60 | 785,597 | 02 |
| 1887 | 457,278 | 31 | 379,641 | 62 | 836,919 | 93 |
| Sumas | 4.892,752 | 70 | 3.799,178 | 38 | 8.691,941 | 08 |
| Prom. en 13 años | 376,366 | 00 | 292,245 | 00 | 668,611 | 00 |

El exámen de este resúmen deja conocer, que la plata más rica en oro se destina á la exportacion, es decir, los *oroches* provenidos de la *raspa* de los arrastres. En el curso de este escrito volverémos á tomar en consideracion estos números al ocuparnos de la amalgamacion del oro.

Reunida la acuñacion á la exportacion de barras, se obtiene el siguiente, de los años de 1875 á 1887.

1 *Memoria del Gobernador del Estado de Guanajuato, de* 15 *de Setiembre de* 1875. Documento número 22.—Impresa en México.—1876.

METALES PRECIOSOS ACUÑADOS Y REGISTRADOS PARA LA EXPORTACION.

| Años. | PLATA. Su valor. | ORO. Su valor. | Total valor. |
|---|---|---|---|
| 1875..... | 4.786,252 | 609,482 | 5.395,734 |
| 1876..... | 4.544,127 | 506,565 | 5.050,692 |
| 1877..... | 4.663,226 | 468,374 | 5.131,600 |
| 1878 ..... | 4.675,896 | 448,722 | 5.124,618 |
| 1879..... | 4.869,222 | 443,525 | 5.312,747 |
| 1880..... | 4.587,231 | 394,807 | 4.982,038 |
| 1881..... | 4.433,665 | 346,221 | 4.779,886 |
| 1882..... | 4.660,309 | 372,790 | 5.033,099 |
| 1883..... | 4.664,042 | 380,305 | 5.044,347 |
| 1884..... | 5.343,336 | 462,154 | 5.805,490 |
| 1885..... | 5.412,898 | 451,154 | 5.864,052 |
| 1886..... | 4.673,769 | 391,628 | 5.065,397 |
| 1887... ..... | 4.779,278 | 401,322 | 5.180,600 |
| | 62.093,251 | 5.677,049 | 67.770,300 |

A la primera ojeada se advierte cierta regularidad en los valores, que habrá desaparecido en los de acuñacion; de modo que en la plata hay similitud en los resultados anuales, indicio seguro de una produccion normalizada provenida de varias explotaciones en movimiento con alternativas compensadas. En la produccion aurífera se advierten ciertas alternativas, que pudieran explicarse por la desigual distribucion de este precioso metal en la masa argentífera de unas vetas, que siempre acusan en la plata que de ellas proviene, cierta ley de oro, sujeta á cambios favorables ó adversos. Pero es de advertir tambien, que de las vetas de una region á las de otra, aparecen diferencias en su ley aurífera que explican las alternativas de produccion del metal amarillo, segun que la preponderancia de las explotaciones sea en tal ó cual zona. Los frutos de Villalpando, Peregrina y San Nicolás del Monte, y aun los de Veta Madre al S.E. de San Bruno, son notablemente más ricos en oro que los de las demas regiones guanajuatenses activamente explotadas.

Además de la exportacion auro-argentífera en barras, se ha sistemado la de frutos notoriamente ricos, en los cuales la plata unida á corta proporcion relativa de materias extrañas, es ven-

tajosa, por superar los gravámenes fiscales á los costos de fletes y demas que la operacion exije. Limitada á frutos muy ricos, cuya adquisicion para el número es muy eventual, y por tanto irregular, la exportacion ha sido muy variable en su monto anual. Los datos que recogí en el mercado referentes á un quinquenio, de 1879 á 1883, me dieron los resultados siguientes, que debo á la bondad del Sr. D. Ramon Alcázar, y proceden de su casa mercantil de Guanajuato, que es la que en mayor escala efectuaba exportaciones de frutos minerales en la época á la que los datos se refieren:

EXPORTACIONES DE PIEDRAS MINERALES DE GUANAJUATO.

| Años. | Bultos. | Peso. |
|---|---|---|
| 1879..... | 351 con | 3,587 @ 8 ℔ |
| 1880..... | 357 ,, | 3,587 ,, 5 ,, |
| 1881..... | 229 ,, | 2,252 ,, 3 ,, |
| 1882..... | 531 ,, | 5,354 ,, 17 ,, |
| 1883..... | 907 ,, | 9,673 ,, 22 ,, |
| | 2,375 con | 24,455 @ 5 ℔ |

ó sea un total de 281,385 kilógramos, con una ley média de 2,114 marcos por monton de 32 quintales; 1,322 marcos por una tonelada mexicana, ó sea monton de 20 quintales; 198 marcos por carga de 12 arrobas, ó sea en fin, casi una tercera parte de plata en la masa mineral. Su contenido puede graduarse en valor de la manera siguiente:

| | |
|---|---|
| 403,660 marcos de plata á $ 9..... | $ 3.632,940 |
| 210,035 ,, de oro á $ 1.50..... | 31,552 |
| Valor total exportado en un quinquenio..... | $ 3.664,492 |

El promedio para un año resulta de:

| | |
|---|---|
| Plata..... | $ 726,588 |
| Oro..... | 6,310 |
| Total..... | $ 732,898 |

En el primer semestre de 1886 se exportaron, segun noticias oficiales,[1] 2,602 bultos, con peso de 219,907 kilógramos, cuyo valor,

1 *Memoria del Gobernador del Estado de Guanajuato, de Setiembre* 15 *de* 1886. Impresa en México en 1887, página XX.

calculado por los datos anteriores, puede estimarse en $ 570,000, ó sean por año $ 1.140,000. El aumento en la ley, ó sea el contenido en plata de los frutos minerales producidos por algunas minas, origina una alza fuerte en la exportacion, que por lo tanto, es variable de un año á otro, pero que para una simple apreciacion puede computarse en $800,000 por año el valor del oro y plata contenido en la masa exportada, ó sea un poco más de lo que en promedio importa la exportacion anual de metales preciosos en barras. La tan repetida exportacion de minerales se efectúa por la via del Ferrocarril Central, para los Estados Unidos y para Europa.

Las exportaciones de frutos en escala apreciable, parecen haber comenzado en 1875.

De estos datos se desprende, que los frutos exportados han sido precisamente las especies mineralógicas que contienen la plata en alta proporcion, de las que se presentan como la pinta característica de estas vetas, con lo poco de las matrices y acompañantes que no han podido separarse por estar finamente incorporadas en la masa. Al reunirse una cantidad semejante de frutos en el curso de un período que no ha sido de riqueza en estas minas, de 1879 á 1883, se demuestra la potencia ó espesor de las vetas productoras, supuesto que en sus regiones pobres aparecen venillas excepcionalmente enriquecidas, así como geodas ó huecos tapizados de cristales, en los que las especies mineralógicas de la plata han podido individualizarse, segregándose de las demas materias componentes de las vetas. Demuéstrase la potencia, porque lo que en las vetas angostas de nuestros demas distritos mineros se produce en cantidades tan nimias, en períodos de pobreza, que no hay objeto industrial en hacer esta clasificacion de frutos, en las de Guanajuato se presenta bajo condiciones semejantes, formando una cantidad que pesa en la balanza de exportaciones.

El contraste se hace muy notable en el enriquecimiento de una mina, que desde luego se advierte claramente; pues entre el valor exportado en 1882 y el de 1883, al presentarse los frutos ricos en el socavon de San Cayetano de Ovejera, se duplicó el valor de la exportacion.

El resúmen general de la produccion de las minas de Guanajuato, puede hacerse del modo siguiente, agregando á la acuñacion los metales registrados en barras.

METALES PRECIOSOS REGISTRADOS, EXTRAIDOS DE LAS MINAS DE GUANAJUATO, DE 1766 Á 1887.

| Epocas. | Valor del producto de plata. | Valor del producto de oro. | Valor del total de oro y plata. | Valor del oro y plata en promedio para un año. | Valor del oro en 100 del total. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1766 á 1775 | 29.090,480 | 1.230,020 | 30.320,500 | 3.032,050 | 4.05 |
| 1776 ,, 1785 | 44.890,280 | 1.802,580 | 46.692,860 | 4.669,286 | 3.86 |
| 1786 ,, 1795 | 47.679,560 | 1.003,100 | 48.682,660 | 4.868,266 | 2.06 |
| 1796 ,, 1799 | 20.247,685 | 888,250 | 21.135,935 | 5.283,980 | 4.20 |
| 1800 ,, 1809 | 50.756,050 | 2.742,576 | 53.498,626 | 5.349,862 | 5.13 |
| 1810 ,, 1819 | 19.790,635 | 753,848 | 20.544,483 | 2.054,448 | 3.67 |
| 1820 ,, 1829 | 10.934,757 | 797,776 | 11.732,533 | 1.173,253 | 6.79 |
| 1830 ,, 1839 | 25.853,750 | 1.998,880 | 27.852,630 | 2.785,263 | 7.02 |
| 1840 ,, 1849 | 45.807,039 | 4.473,928 | 50.280,967 | 5.028,097 | 8.89 |
| 1850 ,, 1859 | 57.238,322 | 5.769,816 | 63.008,138 | 6.300,814 | 9.16 |
| 1860 ,, 1869 | 42.100,721 | 4.436,119 | 46.536,840 | 4.653,684 | 9.54 |
| 1870 ,, 1879 | 43.641,723 | 4.533,668 | 48.175,391 | 4.817,539 | 9.41 |
| 1880 ,, 1887 | 38.554,529 | 3.200,380 | 41.754,909 | 5.219,364 | 7.66 |
| En 122 años | 476.585,531 | 33.630,941 | 510.216,472 | | |
| Promd.º de un año... | 3.906,439 | 275,663 | 4.182,102 | 4.182,102 | 6.59 |

Si á la total cifra de este cuadro, que es de $ 510.216,472, agregamos el valor de la exportacion en piedra mineral, en los trece años corridos de 1875 á 1887, estimada ántes en 800,000 pesos por año, ó sean $ 10.400,000, se obtendrá un total general para el rendimiento de las minas guanajuatenses en ciento veintidos años, de 520.616,500 pesos, ó bien en promedio por año, valor de oro y plata reunidos, $ 4.267,300.

En el promedio de los años correspondiente á las diversas épocas marcadas en el cuadro último, se advierten claramente dos períodos de ascenso en la produccion, de 1766 á 1809, y de 1830 á 1859, separados ambos por una fuerte depresion originada por la paralizacion de las minas durante la guerra de Independencia, de 1810 á 1821, paralizacion que aun prosiguió despues.

En las épocas de mayor produccion se distinguen los años siguientes:

| | Valor de la plata. | Valor del oro. | Valor total. | Valor del oro en 100 del total. |
|---|---|---|---|---|
| 1791..... | 6.524,659..... | 133,450..... | 6.658,109..... | 2.00 |
| 1804..... | 6.475,461..... | 303,008..... | 6.778,469..... | 4.47 |
| 1849..... | 7.773,650..... | 587,784..... | 8.361,434..... | 7.03 |
| 1850..... | 7.801,300..... | 709,472..... | 8.510,772..... | 8.33 |
| 1852..... | 7.625,650..... | 746,956..... | 8.372,606..... | 8.92 |
| La mínima pertenece á | | | | |
| 1821..... | 591,856..... | 40,592..... | 669,439..... | 6.06 |

Los períodos culminantes de la produccion, corresponden, el primero á la notable bonanza de la mina de Valenciana, radicada sobre la Veta Madre, de 1788 á 1809, y la segunda á la más notable aún de la Luz y San José de los Muchachos, sobre la Veta de la Luz, de 1843 á 1859. ¡Tan notable así es la importancia de las poderosas vetas de Guanajuato!

En una época como la actual, en que el valor relativo de la plata y el oro ha sufrido un notable desequilibrio, y ha ocasionado por consiguiente verdaderas crísis monetarias, que afectan de lleno á los países productores de plata, conveniente me ha parecido, tratándose de Guanajuato, que produce anualmente la mitad del oro que se separa de todas las platas mexicanas, entrar en algunos pormenores numéricos, que me presumo serán vistos con algun interes.

Cuando, segun los estudios más recientes, "el oro producido en nuestro país apénas ha representado en las diversas épocas del 3 al 6 por ciento de la produccion total de metales preciosos de nuestras minas," [1] en Guanajuato llega á elevarse esta proporcion hasta el 9½ por ciento.

Adviértese que se encuentran períodos de produccion aurífera deprimida, como de 1776 á 1785, y el siguiente, de 1786 á 1795, aun suponiendo demasiada imperfeccion en el beneficio para la separacion del oro, á la vista del resultado anterior, de 1766 á 1775, y de 1796 en adelante, no puede dudarse de que el metal amarillo no está distribuido con entera regularidad én la masa de los minerales de plata. Además, al pasar de una veta á otra, cambia el contenido de oro de las platas, supuesto que durante la bonan-

1 "*La Crísis Monetaría.*" Informe de los Sres. Agustin Barroso y Crespo y Martínez, D. Gilberto, página 57.

za de la mina de Valenciana, el oro no llegó á encontrarse en el total valor en mayor proporcion que la de 5.13 por ciento, de 1800 á 1809; miéntras que, durante la bonanza de la mina de la Luz, la relacion mínima fué de 8.89 por ciento, de 1840 á 1849, y la máxima de 9 16 por ciento, de 1850 á 1859. Posteriormente hubo una máxima mayor de 9.54 por ciento.

Separados los años de mayor produccion de ambas bonanzas, tal como ántes los presenté, se llega á conclusiones análogas.

Comparando el valor del oro al total producto de estas minas en todo el siglo XVIII, tal como ántes quedó fijado por los datos de Alamán, se obtiene 3.42 por ciento en promedio.

Cuál sea la perspectiva de Guanajuato para aumentar su produccion aurífera, y cuáles los arbitrios industriales para lograrlo, cuestiones son estas de trascendencia, de las cuales me ocuparé en otro capítulo; pero desde luego se advierte la importancia de este distrito de minas, que produce notable cantidad de oro, en una época en que la plata se encuentra aun fuertemente depreciada.

Ántes de concluir este capítulo, daré una idea de las riquezas que en períodos favorables dan las vetas de Guanajuato, con lo cual se dejará conocer bien su importancia, presentando el resúmen de las utilidades líquidas correspondientes á las bonanzas varias veces citadas de la mina de Valenciana y de las minas de San José de los Muchachos y de la Luz, tomadas de las cuentas de las respectivas negociaciones mineras. Lo notable de estas bonanzas es, que por largo tiempo ha permanecido sin interrupcion sensible el disfrute de una masa metalífera, prolongada en diversos sentidos en el cuerpo de la veta, produciendo la explotacion utilidades líquidas persistentes. Esto es lo que los mineros mexicanos llaman un *clavo*, por contraposicion á una bonancita producida por algun corto depósito metalífero, al que le dan el nombre de *ojo*.

El clavo de Valenciana, permaneció en todo su trayecto dentro de las pertenencias de esta negociacion; pero no así el de la mina de la Luz, que fué disfrutado por las labores de ésta, como la más antigua, y por las de la mina vecina de San José de los Muchachos, denunciada con el intento calculado de posesionarse de la continuacion de la bonanza á la salida de las pertenencias de

la Luz. Estando de por medio grandes intereses en espectativa, estalló entre los dueños de ambas minas un litigio ruidoso, cuyo desenlace legal y definitivo parece que no llegó á lograrse, y de hecho quedó dirimida la diferencia por la terminacion de la bonanza al cabo de dos años.

Del opúsculo publicado en Alemania en 1866, por D. Guillermo Brockmann, apoderado que fué por muchos años de Dª Francisca de P. Pérez Gálvez, señora acaudalada, dueña de una parte de la mina de Valenciana, [1] he tomado los datos siguientes, publicados tambien, con pequeñas diferencias, por el Sr. Ward desde 1828. [2]

## PRODUCTOS DE LA MINA DE VALENCIANA.

| AÑOS. | Valor de la plata producida. | Gastos de explotacion y beneficio. | Utilidad. |
|---|---|---|---|
| 1788..... | 1.571,216..... | 429,159..... | 1.142,057 |
| 1789..... | 1.633,459..... | 448,131..... | 1.185,328 |
| 1790..... | 1.499,939..... | 454,523..... | 1.045,416 |
| 1791..... | 1.639,085..... | 733,321..... | 905,764 |
| 1792..... | 1.049,753..... | 757,173..... | 292,580 |
| 1793..... | 1.042,876..... | 738,354..... | 304,522 |
| 1794..... | 1.282,042..... | 799,328..... | 482,714 |
| 1795..... | 1.696,640..... | 815,817..... | 880,823 |
| 1796..... | 1.315,425..... | 832,347..... | 483,078 |
| 1797..... | 2.128,439..... | 878,789..... | 1.249,650 |
| 1798..... | 1.724,437..... | 890,735..... | 833,702 |
| 1799..... | 1.584,393..... | 915,438..... | 668,955 |
| 1800..... | 1.480,933..... | 977,314..... | 503,619 |
| 1801..... | 1.393,438..... | 991,981..... | 401,457 |
| A la vuelta..... | 21.042,075..... | 10.662,410..... | 10.379,665 |

1 *Der Bergban und das amalgamations. Verfahren in dem Bergwerks Distrikte von Guanajuato in México, mit spezieller Beschreibung der Werke, welche das Haus der Señora Doña Francisca de P. Pérez Gálvez in demselben betreibt. Nach einem vom Königl. Preuss. Berg Referendar, Herrn E. Filmann, gearbeiteten Manuscripte. Münster* 1866. (La explotacion de las minas y los procedimientos de amalgamacion en el Distrito minero de Guanajuato en México, con especial explicacion de las obras ejecutadas por la casa de la Sra. Dª Francisca de P. Pérez Gálvez, conforme al manuscrito del Refrendario Real prusiano de minas, Sr. E. Filmann) página 23.

2 *México in* 1827. *By H. G. Ward, Esg. His Majesty's Charge D'Affaires in That Country During The Yeards* 1825, 1826, *and Part of* 1827. *London*

| AÑOS. | Valor de la plata producida. | Gastos de explotacion y beneficio. | Utilidad. |
|---|---|---|---|
| De la vuelta... | 21.042,075..... | 10.662,410..... | 10.379,665 |
| 1802..... | 1.229,631..... | 944,309..... | 285,322 |
| 1803..... | 1.232,045..... | 937,931..... | 294,114 |
| 1804..... | 1.185,265..... | 941,121..... | 244,144 |
| 1805..... | 1.113,756..... | 946,346..... | 167,410 |
| 1806..... | 1.040,632..... | 914,662..... | 125,970 |
| 1807..... | 1.191,582..... | 1.019,781..... | 171,801 |
| 1808..... | 1.523,815..... | 1.205,924..... | 317,891 |
| 1809..... | 1.385,611..... | 1.204,333..... | 181,278 |
| | 30.944,412..... | 18.776,827..... | 12.167,585 |

NOTA.—Los dueños beneficiaron los frutos en haciendas propias, pero con total separacion de cuentas; de manera que la mina tuvo que pagar toda la maquila, ó sea el costo del beneficio, más la considerable ganancia de entónces de los hacenderos. Las utilidades que figuran, son productos líquidos de la mina, á las que hay que agregar el 30 por ciento obtenidos en el beneficio de una tan considerable masa beneficiada.

En 22 años, pues, produjo la mina de Valanciana doce millones líquidos, y si á estos se les agrega la utilidad que se juzga tuvieron los mismos dueños en sus haciendas de beneficio, asciende la ganancia total á $ 15.818,000 en anualidades variables, que para un año en promedio, resultan de $ 719,000

En cuanto á las minas de la Luz y San José de los Muchachos, entre el inteligente y laborioso ingeniero D. Ponciano Aguilar y yo, hemos tomado de las boletas semanarias de reparto de estas negociaciones, agrupadas en libros, que originales me fueron facilitados por el señor ingeniero D. Ignacio Rocha, hoy aviador de esas minas, los dividendos líquidos entregados á los accionistas, semana por semana, en el curso de algunos años. De esta gran masa de números he formado los siguientes extractos.

1828 vol II página 140. En la *Historia de Mexico por Alamán*, tomo 1º, al fin del volúmen, Apéndice página 23, se encuentra un resúmen semejante de las cuentas de Valenciana de 1789 á 1797. Concuerdan sus guarismos con los de Ward, con excepcion de los correspondientes al año de 1792, que son muy diferentes, presentando Alamán en vez de utilidad líquida, un faltante de $ 125,132. Esta diferencia, sin embargo, poco altera los resultados generales de los números trascritos.

RESÚMEN GENERAL DE DIVIDENDOS DE LA MINA DE LA LUZ, DE 1843 Á 1856.

| | | |
|---|---|---|
| 1843, en 12 dividendos | $ | 45,248 00 |
| 1844, ,, 55 ,, | | 701,933 92 |
| 1845, ,, 45 ,, | | 558,228 00 |
| 1846, ,, 51 ,, | | 1.006,752 00 |
| 1847, ,, 53 ,, | | 981,600 00 |
| 1848, ,, 51 ,, | | 1.326,612 00 |
| 1849, ,, 34 ,, | | 596,000 00 |
| 1850, ,, 26 ,, | | 322,500 00 |
| 1851, ,, 29 ,, | | 408,500 00 |
| 1852, ,, 22 ,, | | 720,443 03 |
| 1853, ,, 23 ,, | | 148,355 33 |
| 1854, ,, 52 ,, | | 135,672 48 |
| 1855, ,, 45 ,, | | 55,231 04 |
| 1856, ,, 22 ,, | | 9,765 65 |
| Líquido repartido á los accionistas de la Luz en 520 dividendos | $ | 7.016,841 45 |

RESÚMEN GENERAL DE DIVIDENDOS DE LA MINA DE SAN JOSÉ DE LOS MUCHACHOS, DE 1847 Á 1859.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1847, en 4 dividendos extraordinarios, producto de labores salidas | $ 542,167 35 | | |
| 1847, en 12 repartos ordinarios | 302,149 62 | | 844,316 97 |
| 1848, ,, 50 ,, ,, | | | 1.087,932 23 |
| 1849, ,, 52 ,, ,, | | | 1.906,425 09 |
| 1850, ,, 50 ,, ,, | | | 1.523,265 23 |
| 1851, ,, 52 ,, ,, | | | 1.648,299 85 |
| 1852, ,, 52 ,, ,, | | | 1.356,222 29 |
| 1853, ,, 52 ,, ,, | | | 477,411 66 |
| 1854, ,, 52 ,, ,, | | | 193,089 09 |
| 1855, ,, 52 ,, ,, | | | 282,567 23 |
| 1856, ,, 53 ,, ,, | | | 241,385 16 |
| 1857, ,, 52 ,, ,, | | | 323,908 29 |
| 1858, ,, 51 ,, ,, | | | 162,153 93 |
| 1859, ,, 20 ,, ,, | | | 27,466 46 |
| Total número de dividendos, 604; con un monto de.. | | $ | 10.074,443 48 |

Los gastos de explotacion fueron en estas dos negociaciones ménos cuantiosos que en la de Valencia; por ejemplo, las memo-

rias líquidas de la Luz en 1848, que fué el más productivo, importaron solamente $ 570,467, y las de San José de los Muchachos en 1849, importaron $ 1.034,809 72 cs., que fué tambien el año de mayor provecho para los accionistas; de manera que el producto total de esta negociacion fué de $ 2.941,234 81 cs. en 1849.

Reuniendo los dividendos de ambas negociaciones, se obtiene:

| | | |
|---|---|---|
| Repartos de la Luz en catorce años..... | $ | 7.016,841 45 |
| Idem de San José de los Muchachos en trece años.. | | 10.074,443 48 |
| Total utilidad líquida en diez y siete años..... | $ | 17.091,284 93 |

Corresponde á un millon de pesos por año, excluida toda utilidad concerniente á las haciendas de beneficio, porque los metales se vendian en rescate ó sea en subasta pública. ¡Tal fué el célebre clavo conocido en Guanajuato con el nombre de bonanza de la luz, y cuyo producto total no puede estimarse en ménos de cuarenta millones de pesos! A ella se debió el nacimiento y rápido desarrollo de la poblacion del mismo nombre, entre las elevadas vertientes de unas montañas que sorprendieron por su riqueza, y que desde luego fueron investigadas con excavaciones mineras por todos lados. Esa poblacion, nacida al bullicio de tan notable bonanza, llegó á contar en pocos años, segun los censos de la época, 24,000 habitantes.

La bonanza de la Luz distribuida entre muchos accionistas, se hizo además notable por la gran circulacion de numerario que produjo en toda la comarca. Los productos líquidos de Valenciana formaron el patrimonio de unas cuantas familias que pasaron á ser acaudaladas.

Dícese que la poblacion agrupada en los alrededores de Valenciana, en el período de su apogeo, llegó á tener 30,000 habitantes. El templo, que no es una simple capilla, se distingue por la sencillez y pureza de su estilo arquitectónico, y fué erigido y decorado con lujo por los dueños de la mina.

A la vista de las cantidades líquidas producidas por esas célebres bonanzas, no se presentan ya tan notables los productos tambien líquidos de las bonanzas de primer órden de otros distritos mineros, de las cuales hay datos verosímiles, extraidas del disfrute continuado de un clavo, sobre una misma veta. La de Gallega,

sobre la Veta Grande de Zacatecas, produjo á la Compañía Inglesa de Bolaños, de principios de 1826 á principios de 1834, cuatro millones cuatrocientos cincuenta y siete mil pesos. La muy notable de Ramos, en el Estado de San Luis Potosí, dió á D. Pablo de la Rosa, de 1798 á 1807, en la veta de Cocinera, de ocho á nueve millones de pesos. La de Sombrerete, de 1792 á 0000, sobre la veta de Pabellon, alcanzada con el crucero trazado por Izmendí, produjo al Marqués del Apartado y á sus hermanos, al ménos cinco millones de pesos. La famosa mina de Purísima, de Catorce, sobre la Veta Madre comida sin interrupcion desde la superficie, con operarios al partido, hasta más de cuatrocientos metros de profundidad, dejó á su dueño, el coronel D. Ignacio Obregon, de 1787 á 1807, al ménos unos tres millones de pesos. La célebre bonanza en Catorce, del padre Flores, sobre la veta y mina del mismo nombre, dió á su dueño, el sacerdote Flores, de 1781 á 1783, tres y medio millones de pesos. ¿Pero á qué seguir multiplicando ejemplos? Lo expuesto es más que suficiente para demostrar lo cuantioso de las bonanzas de Guanajuato en épocas de opulencia, y los cuadros numéricos que manifiestan su produccion, fuera de esos períodos, ponen en evidencia la constancia de sus vetas en el rendimiento en los años de mediocridad, ó cuando la fortuna les es adversa á los propietarios de minas. Algunos de los distritos citados, bonancibles en otra época, se encuentran aún ó abandonados ó profundamente abatidos, habiendo pasado de los esplendores de la riqueza y de la actividad que rebosa en semejantes momentos la poblacion vivificada por las minas, á los rigores de la pobreza, y al triste silencio de las soberbias ruinas mineras invadidas por la maleza; en tanto que las minas guanajuatenses, salvando la crísis general de la guerra de independencia, han seguido en constante y productivo movimiento, y segun la actividad que de un año á esta parte recibe el giro de las minas, no tardará en manifestarse un notable aumento de productos, y no es imposible que veamos el principio de una de esas bonanzas célebres en los fastos de nuestra minería nacional.

---

# CAPÍTULO II.

Bosquejo geológico de la Sierra de Guanajuato.—Consideraciones preliminares.—Principales elevaciones constituidas por las diversas formaciones.—Formacion esquisto-diorítica.—Granito ó Liparita granitoide.—Formacion conglomerado-porfídica.—Basalto.—Ojeada general sobre las formaciones guanajuatenses, para su clasificacion cronológica.

Delinear el cuadro geológico de una localidad tan importante como la del Distrito de minas de Guanajuato para dar á conocer la constitncion de sus montañas, de cuyo seno en siglo y medio han salido más de 9,000 toneladas métricas de plata, considero que es un asunto importantísimo, no sólo para México sino para el mundo científico de todo el globo.

Durante largos años esas minas no tuvieron rival bajo el punto de vista de su crecida produccion argentífera, no solamente en las regiones metalíferas del Viejo Continente, pero ni aun en las extensas y privilegiadas montañas del mundo de Colon. ¿A quién no interesará, pues, conocer la constitucion de una comarca en la cual la naturaleza ha querido depositar tantas riquezas, singularmente concentradas en anchas y prolongadas vetas?

Si este asunto presenta tan poderoso atractivo bajo este aspecto, permítaseme, pues, efectuar un bosquejo descriptivo, de la constitucion geológica de una region, cuyas fecundantes riquezas no sólo han vivificado las comarcas circunvecinas y á la nacion en cuyo seno se encuentran, sino que han sido un elemento de vitalidad que ha pasado hasta los países más remotos, del otro lado de los mares.

Dos grados al sur del trópico de Cáncer, sobre la extensa y elevada Mesa del antiguo Anáhuac, que reposa en las vertientes occidentales de la cordillera, cuyas crestas dividen las aguas tri-

butarias de ambos mares, se levanta un grupo de montañas conocido con el nombre de "Sierra de Guanajuato," cuyos declives van á perderse por una parte, en las llanuras agrícolas de Irapuato, Silao y Leon, y por la otra en el ondulado valle de San Felipe y Dolores.

La considerable elevacion absoluta de esta mesa [de 1,700 á 2,000 metros], semejante á la de todas las llanuras centrales del territorio mexicano, deja comprender cual es la altura á la que llegan á levantarse las montañas, cuyas vertientes vienen á morir á este nivel. Las crestas culminantes del grupo en cuestion, conocidas con los nombres del Gigante, los Llanitos, Villalpando, los Calzones, Chichíndaro y del Cubilete, se desprenden entre las cejas montañosas circunvecinas, en virtud de tener una altura sobre el Océano de 2,600 á 2,900 metros, con la cual se sobreponen á las demas.

El viajero que se dirija á Guanajuato por las llanuras de Salamanca é Irapuato, ó de Silao, comienza á distinguir, formando el confin del horizonte, los perfiles de ese grupo montañoso, muchas leguas ántes de llegar á él. En sus cercanías el paisaje tiene algo de pintoresco: los perfiles de las montañas se definen, y en primera linea se destacan subalternadas á las grandes cimas, las masas peñascosas llamadas "Bufas," cuya caprichosa figura las hace aparecer semejantes con antiguos castillos de baluartes colosales, enmohecidos y en parte destrozados por el trascurso de los siglos.

Por el lado de Dolores y San Felipe se deja percibir un perfil de crestas ménos variado, en razon de la igual altura de las cejas poco sinuosas que están á la vista, y entre las cuales se hace notable por su elevacion la del cerro de los Calzones, situado enfrente á la meseta de recuerdo histórico llamada de los Caballos.

Las llanuras de Salamanca, Irapuato y Silao conocidas en el país con el nombre de "El Bajío," y llamadas á ser más ó ménos tarde los centros de poblaciones activas, laboriosas y ricas, constituyen un magnífico valle, parte del cual ofrece una tersura semejante á la que pueden presentar las capas sedimentadas por nuestros actuales mares. Las llanuras de Dolores y San Felipe constituyen un valle, que aunque de alguna importancia, es más ceñido y de menor extension.

Con objeto de formarse una idea exacta de la localidad que se describe, puede pasarse la vista sobre el plano que se acompaña, en el cual es fácil con una ojeada, abarcar en conjunto y en detalle los accidentes de un terreno cuya descripcion, por prolija que fuera, no llenaria tan cumplidamente su objeto como la representacion gráfica.

En él, además, puede observarse la manera con que están distribuidas las rocas que asoman al exterior.

Al efectuar mis exploracioces geológicas por el grupo de montañas sobre el cual se encuentra establecido el Distrito de minas de Guanajuato, he tenido á la vista las observaciones geológicas de las cuales he podido tener noticia, practicadas en las inmediaciones de las minas y de la ciudad. Las más importantes de todas, aunque no las más antiguas, son las del célebre sabio viajero Baron de Humboldt, que visitó estas regiones á principios del presente siglo. Puede decirse que es un notable bosquejo el consignado en su *Ensayo político sobre Nueva España*, amplificado en la segunda edicion de esta obra, muy conocida entre los mexicanos dedicados al estudio de las ciencias.[1]

En su *Essai sur le Gisement de Roches dans les deux Hemisphères* [Paris 1823], enlaza y compara los materiales geológicos mexicanos recogidos por él, con las formaciones hasta esa época estudiadas en todas las regiones del globo.

Estas observaciones permiten juzgar de la reconocida exactitud del sabio prusiano para apreciar los hechos, y de la claridad para describirlos despues fielmente en estilo flúido y elegante. En el curso de este escrito tendré ocasion de referirme á las obras citadas.

En 1836 apareció la obra titulada[2] "Permanencia y Viajes en México durante los años de 1825 á 1834. Observaciones sobre el país, productos, vida y costumbres de sus habitantes, con notas mineralógicas, geognósticas, mineras, meteorológicas y geográficas, por Don José Burkart, Director que fué de los trabajos mi-

1 Véase la traduccion castellana de González Arnao. Paris 1827, tomo III, págs. 71 y 97 y las importantes amplificaciones que bajo el título de *Fragmentos de Geognosia Mexicana* figuran en el tomo V de las págs. 27 á la 85.

2 *Aufenthalt und Reissen in México in den Jahren* 1825 *bis* 1834. Stuttgart 1836.

neros de la Compañía de Tlalpujahua, y despues de la de Bolaños y más tarde de la de Veta Grande, miembro de la Sociedad Geológica de Lóndres y del Instituto Geográfico Estadístico de México, con una introduccion por el Doctor J. Nöggerath, primer consejero de minas del Rey de Prusia, Profesor de Mineralogía y de Ciencias mineras de la Universidad Reneana de Federico Guillermo. Obra en dos tomos, con una dedicatoria en los términos siguientes: á su Excelencia el Baron Alejandro de Humboldt, Consejero secreto efectivo del Rey de Prusia, el más ilustre viajero de su Nacion, benemérito naturalista, en vivo reconocimiento de sus múltiples méritos, y para mejor inteligencia de sus obras sobre México, con profundo respeto le dedica ésta el autor."

Intencionalmente he trascrito el título íntegro y dedicatoria, porque esta obra toda ella se ocupa de nuestro país, y sin embargo no deploraré bastante que sea únicamente conocida de pocos mexicanos, y apénas se haya traducido de ella uno ú otro capítulo.

El estudio rápido que presenta, como que su permanencia en Guanajuato fué bastante transitoria, es concienzudo, y aun cuando en la parte geológica procura conformar sus ideas con las del Sr. Humboldt, manifiesta sin embargo, observaciones importantes sobre las cuales tendré ocasion de llamar la atencion. Se nota en este laborioso viajero una paciente y sostenida prolijidad para observar ántes de aventurar sus opiniones, y al expresarlas es porque su conviccion está bien arraigada.

Saint Clair Duport[1] presenta un estracto geológico muy conciso sobre la misma localidad, pero no se aventura á fijar la época de formacion, y se limita á decir que la arcilo-esquista tal cosa que ha visto, le parece muy antigua, con lo cual vino á quedar conforme con las descripciones ántes citadas.

Don Pascual Arenas, laborioso profesor de la Escuela Práctica de Minas, del que fué Colegio Nacional de Minería, y conocedor de las formaciones geológicas de Zacatecas y de Guanajuato, en su "Descripcion geológica de los Minerales del Fresnillo y Pla-

1 *De la Production des Metaux Precieux au Mexique, considérée dans ses rapports avec la géologie, la metallurgie et l'economie politique; par Saint Clair Duport. Paris*, 1843, *p.* 206 y 211.

teros,[1] acepta la opinion del Sr. Humboldt de la contemporaneidad de dichas formacienes, y de su antigüedad relativa, que este ilustre viajero fija como de transicion, marcando para la arcilo-esquista guanajuatense, en eruditas consideraciones petrográficas, una época correspondiente á *las formaciones intermediarias más antiguas.*[2] El Sr. Arenas al aceptar esta clasificacion, coloca estas formaciones que juzga contemporáneas de las que describe de Fresnillo y Plateros, como perteneciendo á los períodos Siluriano y Cambrio. No obstante, habiendo hecho algunos estudios paleontológicos sobre fósiles que él mismo recogió, trató de emanciparse de la clasificacion por consideraciones únicamente petrográficas ó litológicas, y aunque en el terreno de los hechos no logró realizarlo, manifestó lo posibilidad de que esos terrenos pudieran pertenecer á los secundarios ó mesozoicos. Sus palabras textuales son las siguientes:[3] "Segun este ligero análisis, los restos de Salinas y de Angeles bien pueden caracterizar las capas superiores del terreno siluriano, y mejor aún á las del devoniano, no porque se hayan encontrado restos que las determinen individualmente, mas sí por su conjunto. Me inclino á creer, además, que todos estos fósiles son de los terrenos primarios, porque las capas horizontales de Salinas representan la formacion salífera ó del trias, y aquellas descansan sobre las calizas y vácias que yacen en posicion inclinada; así los restos de moluscos tentaculíferos deben pertenecer á los náutilos ó bien á los cryptoceras y no á las amonitas, porque si así fuera, la reunion de los moluscos descritos en los crustáceos cirrípedos representados por los aptychus, harian á estas capas del terreno oxfordiano, como se han visto en España, en las cercanías de Frias, y en Francia, Alemania é Inglaterra.

Reconócese que partiendo el Sr. Arenas del supuesto de que los terrenos del bajío de las Salinas del Peñon Blanco, por sus margas de varios colores y por la presencia de la sal marina, pertenecieras al trias, en virtud de consideraciones enteramente pe-

1 *Anales Mexicanos de ciencias, literatura, Minería, etc. México*, 1860, p. 314.

2 *Ensayo político sobre Nueva España.* Tomo III, p. 98.

3 Anales Mexicanos citados, pág. 323.

trográficas[1] se vió obligado á colocar las formaciones más antiguas que describia, entre las capas superiores silurianas; pero al imprimir su Memoria, por medio de una nota, da cuenta á sus lectores de que se han encontrado en el valle de Salinas, restos fósiles de animales gigantescos, y grandes molares de herbívaros. Semejante nota nos obliga á trasportarnos con entera certeza, del sistema triásico á los pisos del grupo terciario y aun al cuarternario inferior.

Destruida la base petrográfica, queda en pié la segunda parte del párrafo trascrito del Sr. Arenas, segun el cual, las capas sujetas al estudio paleontológico, pertenecerian al piso Oxfordiano.

Intencionalmente me he extendido al mencionar el trabajo del Sr. Arenas, profesor mexicano, porque él es el primero que ha levantado una pequeña parte del velo que cubria la edad de nuestras formaciones correspondientes á los más importantes distritos mineros del centro del país, y el primero que ha establecido los rudimentos de un amplio horizonte eológico en esas regiones. Conviene advertir, no obstante, que los Sres. Humboldt y Burkart reconocieron que los fósiles establecen el carácter decisivo para la clasificacion cronológica de los depósitos sedimentarios, y si procedieron á marcar la edad de nuestras capas únicamente por sus analogías litológicas, y por sus relaciones de estratificacion y agrupamiento con las rocas ígneas ó metamórficas, fué por haber carecido enteramente de fósiles, sobre todo en Guanajuato, en donde hasta hoy no se han encontrado.

Tengo un bosquejo litografiado anónimo, sin fecha, que lleva por título "Mapa Geognóstico de Guanajuato." Segun noticias más probables que he podido adquirir, pertenece este plano á los trabajos de exploracion practicados en 1865 durante la época de la invasion francesa. La equivocada escritura de los nombres de localidad, algunos muy conocidos, y la clase de redaccion de algunas notas que en él figuran, parecen justificar esta opinion. Menciona las mismas rocas que los Sres. Humboldt y Burkart, y á la vez las demarca á un poco más ó ménos, en su colocacion superficial, pero sin dar á conocer nada relativo á su época de formacion.

1 Anales Mexicanos citados, pág. 331.

En Mayo de 1866 publicó en Münster Don Guillermo Brockman, que fué apoderado en Guanajuato de la acaudalada casa de Doña Francisca de P. Pérez Galvez, un opúsculo que lleva por título: "De la Explotacion de las minas y de los procedimientos de amalgamacion en el Distrito minero de Guanajuato en México, por el Refrendario Real prusiano de minas Sr. E. Tilmann."

En él aparece una compendiada descripcion geológica ilustrada con un "Mapa Geognóstico del Mineral de Guanajuato" bien litografiado en Münster, y representando con colores las rocas que asoman al exterior. Este plano tiene tal semejanza en algunos detalles con el que ántes cité, que parece en mucha parte como una copia. En cuanto á la época de depósito de las rocas, el autor se limita á referirse únicamente por lo relativo á la arcilo-esquista, á los Sres. Humboldt y Arenas, y con tal motivo la acepta como perteneciente al sistema devoniano.[1]

El ingeniero Don José Rocha, en un interesante opúsculo sobre Guanajuato,[2] se limita á extractar las apreciaciones geológicas del Sr. de Humboldt sobre la constitucion de esta importante region minera.

En resúmen, por los datos que he podido tener á la vista, puede decirse que el bosquejo geológico de Guanajuato trazado con mano maestra par el sabio Baron de Humboldt á principios de este siglo, y basado únicamente sobre datos petrográficos, por falta de fósiles, es el que ha venido quedando admitido hasta ahora, sin embargo de que el Sr. Burkart presentó algunas ebservaciones muy interesantes, que modifican las apreciaciones del Sr. Humboldt[3] de una manera bien fundada, segun tendré ocasion de manifestar más adelante.

El laborioso é inteligente naturalista D. Mariano Bárcena, ha publicado varios trabajos de reconocido mérito é importancia, muy especialmente bajo el punto de vista geológico. El Sr. Bár-

1 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahren in dem Bergwerks-Distrikte von Guanajuato in México.*—Münster 1866, p. 10.

2 *Estudios sobre la estadística minera de Guanajuato por José Rocha.*—Leon 1884, p. 9.

3. Sin embargo de mis diligentes pesquisas no he podido adquirir la Memoria de Don Lúcas Alaman anexa al *Report of the United Mexican Association de* 1825, citada por Humboldt, y en la cual el Sr. Alaman expuso apreciaciones geológicas diferentes de las manifestadas por el sabio prusiano.

cena es el primero que nos ha dado á conocer en 1873 la época de formacion de las elevadas montañas calizas de la Sierra Gorda, en el Estado de Querétaro, estudiadas por él principalmente en las cercanías del Mineral del Doctor. El resultado fué referirlas al cretáceo, fundado en datos paleontológicos, y nos manifestó la sospecha de que los calizos que asoman en parte de los Estados de Hidalgo, San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes, pertenecieran al período Mesozoico.[1]

En 1874 nos dió á conocer las rocas calizas de las cercanías de Cacahuamilpa, en el Estado de Guerrero, como correspondientes al cretáceo.[2]

El malogrado ingeniero D. Juan N. Cuatáparo, clasificó la caliza del Distrito minero de Zacualpan como cretácea.[3]

Algo despues, en 1875, el Sr. Bárcena publicó su interesantísimo opúsculo intitulado: *Datos para el Estudio de las Rocas Mesozoicas de México y sus fósiles característicos*, en el que corrobora sus asertos anteriores, y con mayor número de observaciones, especifica la gran superficie territorial de los Estados citados en sus anteriores publicaciones en la que aparecen las formaciones mesozoicas, y nombra, además, los de Veracruz, México, Morelos, Guerrero, Jalisco y Michoacan, como encerrando montañas de la misma época. Con sólo mencionar someramente el contenido de este opúsculo, se desprende su notoria importancia para nuestra geología nacional.

El mismo Sr. Bárcena escribió posteriormente en 1877, un informe muy interesante[4] en el cual figura una carta con el título siguiente: *Formacion geológica del camino de Pachuca á Jacala y del distrito de este nombre en el Estado de Hidalgo;* y en el texto se

1. *Memoria presentada al Sr. D. Blas Balcárcel, Director de la Escuela Especial de Ingenieros, por Mariano Bárcena, Director sustituto de la Práctica de Mineralogía y Geología en el año de* 1872.—México 1873, pág. 23.

2. *Viaje á la Caverna de Cacahuamilpa por el Sr. D. Mariano Bárcena*, en el periódico científico *La Naturaleza*, tomo III, México 1874, pág. 75.

3 *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*, tomo V, México 1881, pág. 10.

4 *Noticia científica de una parte del Estado de Hidalgo, por Mariano Bárcena, profesor de Paleontología y Geología del Museo Nacional*, incluida en los *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana*.—Tomo I, México 1877, pág. 331.

encuentra un capítulo consagrado á la constitucion geológica de estas comarcas, por el cual se viene en conocimiento de las razones paleontológicas que decidieron á este ilustrado y laborioso profesor, para clasificar las calizas situadas entre Actopan é Ixmiquilpan, las de Zimapan y las del Distrito de Jacala como pertenecientes al período cretáceo.

Desde luego la amplitud de estas formaciones calizas orogénicamente relacionadas en extensas superficies del país, establecen un dilatado horizonte geológico, que servirá de base de partida en las exploraciones de nuestro vasto y poco explorado territorio, y esto es tanto más importante, cuanto que hasta ahora en lo general nuestras formaciones aparecen pobres en fósiles, y difíciles por consiguiente para asignarles su edad relativa.

Conviene recordar tambien los interesantes trabajos geológicos en el Estado de México, de los ilustrados ingenieros D. Santiago Ramírez y el malogrado D. Juan N. Cuatáparo, basados sobre estudios paleontológicos,[1] partiendo de la caliza cretácea hasta los terrenos cuaternarios.

De los estudios geológicos del ingeniero D. Martiniano Silva, consignados en su importante escrito sobre el Distrito de Minas de Mazapil, y de los fósiles que recogió, se deduce que aquellas montañas parecen pertenecer al período cretáceo.[2]

La exploracion geológica de la Sierra Mojada practicada por el infatigable y erudito ingeniero Sr. Ramírez, ya citado, nos atestigua por medio de fósiles, que los calizos de aquellas regiones, hasta entónces desconocidas, pertenecen al período cretáceo.[3]

El ingeniero D. Manuel Urquiza, en su importante y laboriosa exploracion hecha en los yacimientos carboníferos del Distrito de Coalcoman, en el Estado de Michoacan,[4] fechado en Diciembre de 1881, clasifica las hiladas calizas que observó en aquellas regio-

1 *Memoria para la Carta Geológica del Distrito de Zumpango de la Laguna.* Toluca. 1875. De la pág. 3 á la 29.

2 *Memoria sobre el Mineral de Mazapil, escrita por el ingeniero civil y de minas Martiniano Silva.* Guadalupe (de Zacatecas). 1878. Págs. 7 á 9.

3 *Informe que como resultado de su exploracion en la Sierra Mojada, rinde al Ministerio de Fomento el ingeniero de minas Santiago Ramírez.* México. 1880. Págs. 31 á 33.

4 *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana.* Tomo VII. México. 1882. De la pág. 178 á la 261.

nes, como consecuencia de sus importantes estudios paleontológicos que trascribe en detalle, como pertenecientes al cretáceo superior.

El malogrado ingeniero D. Manuel de Anda, en su laborioso informe sobre el Distrito de Coalcoman, nos especifica con mano segura, en las calizas de la localidad, provistas de fósiles, que pertenecen al período cretáceo, y aun nos fija los pisos Cenomaniano y Turoniano de D'Orbigny.[1]

El laborioso Sr. Bárcena, nos cita tambien con seguridad las calizas de las cercanías de Colima como pertenecientes al período mesozoico, y por los fósiles que nombra podrémos presumir que esas rocas sean tambien cretáceas.[2]

Esta ligera sinopsis de las principales exploraciones geológicas modernas practicadas sobre diferentes puntos de nuestras cordilleras, abarcando una gran superficie sobre las regiones centrales de nuestro país, á la vez que nos ilustran sobre la época de formacion de parte del esqueleto montañoso mexicano, nos marcan horizontes fijos é importantes, para estimar la edad relativa de las demas cadenas montañosas.

Me ha parecido conveniente entrar en esta rápida enumeracion histórica, que va marcando los progresos conseguidos en el conocimiento de la edad de las formaciones de nuestro país, porque teniendo que presentar el cuadro geológico de una importante y rica comarca, en la cual hasta ahora no se han encontrado restos fósiles, hay que proceder por simples tanteos y apreciaciones en el escabroso terreno de unas conjeturas más ó ménos justificadas. Felizmente no léjos del grupo guanajuatense de montañas, surgen otros grupos colocados frente á frente, y que á la simple vista se presentan como de la misma época de formacion, ligados de una manera evidente con el ensanchado horizonte geológico fijado por el profesor Bárcena.

Esta serie importante de trabajos geológicos, aunque aislados entre sí, presentan ya puntos de partida para estimar la edad re-

1 *Informe relativo á la exploracion del Distrito de Coalcoman, presentado al Sr. Ministro de Fomento por el ingeniero de minas Manuel de Anda.* México. 1883. De la pág. 3 á la 24.

2 *Informe sobre el estado actual del volcan de Colima, por Mariano Bárcena.* México. 1887. Pág. 13.

lativa de los agrupamientos análogos de rocas que conocemos por exactas descripciones antiguas ó modernas, y que si bien para la apreciacion de su edad se les fijaron épocas geológicas que hoy no se pueden admitir; pero la narracion descriptiva conserva su valor científico para deducir la edad de esos agrupamientos, por sus enlaces con las rocas ya bien clasificadas, como tendré ocasion de notarlo más adelante.

Para abordar la descripcion geológica de la serranía de Guanajuato, dividiré en tres grupos las asociaciones de rocas allí existentes, tal como las he encontrado en el terreno bien definidamente enlazadas en las montañas de tan importante localidad. Las presentaré en órden, comenzando por la más antigua:

1º *Formacion esquisto-diorítica.*
2º *Formacion conglomerado pórfida.*
3º *Manifestaciones basálticas francas.*

Las vertientes finales de todo el grupo montañoso, se van á ocultar bajo los depósitos cuaternarios de las llanuras de Silao é Irapuato, por un lado, y del otro, bajo las del ondulado valle que de San Felipe se dirige á Dolores, formando el crígen más retirado de la hondonada del Rio de la Laja.

Adjunto una pequeña carta geológica de la serranía guanajuatense, en la cual he bosquejado á la simple vista, la posicion de las rocas que asoman al exterior. El objeto es dar á conocer aproximadamente su colocacion relativa, el relieve que presentan y la magnitud superficial en la que se extienden.

El plano que me ha servido para formar mi bosquejo, fué litografiado á expensas del finado ingeniero D. Franco Parckman con la mira de dar á conocer sus proyectos relativos al aprovechamiento de las aguas pluviales que bajan en crecientes por los principales arroyos cercanos á la ciudad, á fin de establecer motores hidráulicos, aplicables á las oficinas de beneficio, que deberian construirse en sitios prefijados para el objeto, adonde llegarian las aguas á la altura conveniente, procedentes de las presas escalonadas para acopiarlas.

Es en lo general este plano una copia reducida del que existe en la oficina de la Diputacion de Minería, que lleva el título de

"Plano de la Sierra de Guanajuato,"[1] anónimo, pero que segun la tradicion, lo bosquejó el capitan Vetch, director que fué en la República, simultáneamente de las Compañías Inglesas de Real del Monte y de Bolaños. El Sr. Parckman ocupó ingenieros que ampliaron este plano hácia el Sudeste y retocaron la configuracion de algunos sitios: abarca una extension de 26½ por 20½ kilómetros, dentro de cuya superficie se encuentran las principales regiones explotadas de esta serranía.

Prescindiendo de los depósitos cuaternarios de las llanuras, que por intermedio de suaves declives colindan con las capas fragmentarias de las montañas, al primer golpe de vista se observa que la roca dominante en la superficie abarcada por el plano, es el pórfido marcado con color azul, que engrana muy irregularmente con los conglomerados; despues sigue la esquisto-diorita, más ó ménos inclinada á esquista ó á diorita, marcada la primera con el color verde amarillento, y la segunda con el verde franco, y en fin, la superficie menor la ocupan las rocas fragmentarias bien definidas puestas de manifiesto con el color rojo.

Para dar á conocer á grandes rasgos los acidentes principales de esta serranía, referidos á los agrupamientos de rocas ya mencionados, paso á dar el siguiente cuadro de alturas absolutas expresadas en metros.[2]

1 Quizá á él se refiera Saint Clair Duport cuando dice respecto de un "plano en el cual están indicados los bosques, que fué levantado por uno de los empleados de la Compañía anglo mexicana, para calmar las inquietudes de la Municipalidad de Guanajuato sobre la destruccion de todo elemento combustible, á consecuencia del establecimiento de una máquina de vapor en *Valenciana*, de treinta caballos de fuerza próximamente." *De la Production de Metaux Précieux an Mexique.* Paris. 1843. Pág. 209.

2 A la amabilidad del inteligente y laborioso Ingeniero guanajuatense D. Ponciano Aguilar, debo la adquisicion de un catálogo numeroso de alturas determinadas por métodos trigonométricos, y referidas al nivel del mar por medio de las elevaciones absolutas marcadas por el Ferrocarril Central. Bajo el supuesto de que la altura absoluta del atrio parroquial sea de 1991.73 metros, se han deducido todas las demas. Las marcadas con un asterisco, yo las he determinado barométricamente, auxiliándome con las anotaciones periódicas del Observatorio meteorológico del Colegio del Estado, que bondadosamente me fueron comunicadas por órden del ilustrado profesor D. Vicente Fernández, dignamente encargado de dicho Observatorio. Las alturas referentes á la via del Central Mexicano, están tomadas de los datos y perfiles

*Picos y manifestaciones basálticas.*

| | |
|---|---|
| La Giganta, al Noroeste (no figura en el plano)..... | 2.936.4 |
| El Gigante, al Noroeste (no figura en el plano)..... | 2.884.1 |
| Cerro del Cubilete, pico al Nordeste de Silao..... | 2.560.0 |
| Base del cono basáltico del Cubilete, por el Noroeste..... | 2.451.0 |
| Arroyo del Gigante, cruzamiento de la vereda que de Guanajuato se dirige para el Gigante, en cuyo sitio aparece la dolerita con gruesos cristales..... | 2.210.0* |
| Corriente basáltica de la Mesa del Romerillal, cortada por los tajos del Ferrocarril Central, entre Silao y Marfil, del kilómetro 8º al 9º..... | 1.841.0 |
| Aguas Buenas, manantiales termales cerca de los accidentes basálticos. El agua brota á 41°5 centígrados. Edificio de las termas..... | 1.936.7* |
| Comanjilla manantiales de agua hirviente en la falda suave de los lomeríos..... | 1.926.0* |

*Accidentaciones conglomerado-porfíricas.—Elevaciones más notables.*

| | |
|---|---|
| San Miguel de los Llanitos, cumbre de la montaña..... | 2.831.5 |
| Cerro de los Calzones, al Noroeste del Gigante, montaña que da vista para el Valle de San Felipe, sin determinar. | |
| Villalpando, cumbre de la montaña más elevada..... | 2.788.0 |
| Cerro Prieto..... | 2.779.0 |
| Santa Rosa, cumbre de la montaña más elevada..... | 2.741.0 |
| Puerto de Santa Rosa, al Sur de la montaña más elevada, camino para Dolores..... | 2.689.1* |
| Puerto de Tres Caminos, de Santa Rosa para Guanajuato. | 2.662.5* |
| Cerro de la Pulquera ó de Barrientos..... | 2.645.0 |
| Puerto de Barrientos..... | 2.626.8 |
| Puerto del Burro, cerca de Villalpando..... | 2.621.0* |
| Límite inferior del pórfido estratificado en la subida de | |

publicados por los agentes de ese ferrocarril, y se asegura que son de confianza, porque los ingenieros que los trazaron, recibieron de la Direccion del Ferrocarril de Veracruz el dato de la altura absoluta de la Estacion de Buenavista en México (2,240 metros), determinada directamente por las nivelaciones topográficas que partieron del nivel del Golfo de México, y continuándolas, llegaron á Paso del Norte, en donde pudieron ratificarse con los datos suministrados por los ferrocarriles americanos. La mayor parte de las alturas guanajuatenses trascritas han sido determinadas por el Sr. Aguilar.

| | |
|---|---|
| Santa Rosa para el Puerto de Barrientos | 2.588.0* |
| Límite inferior del conglomerado rojo, bajando del Puerto de Barrientos para Mellado | 2.588.0* |
| Base del pórfido en la falda del más elevado cerro de Santa Rosa | 2.541.0* |
| Cerro de Chichíndaro, á la vista de la Ciudad al Este | 2,531.7 |
| Cerro del Nayal | 2.509.0 |
| Base del pórfido extratificado al Noroeste del tiro de Villalpando (arcilo esquista) | 2.466.0* |
| Cerro del Trompetero, de la Cruz ó de Belgrado | 2.423.0 |
| Idem de la Sirena, base del pedestal de la Cruz, losero | 2.416.2 |
| Patio de la mina de Peregrina, arenisca verde | 2.407.3 |
| La Bufa, peñon porfídico | 2.386.0 |
| Bufa, peñon arredondado con vista para la llanura | 2.384.8 |
| Terrero, rancho cerca del Gigante, sobre losero metamórfico | 2.333.0* |
| San Nicolás del Monte, arroyo de la Palma, contacto del conglomerado con la diorita y la esquista | 2.287.0* |
| Picacho de la Cantera al Oeste del Cerro Bayo | 2.128.5 |

*Accidentaciones esquisto dioríticas.—Elevaciones más notables.*

| | |
|---|---|
| Puerto de Buenavista en la montaña de este nombre, diorita con arcilo-esquista | 2.594.0* |
| Límite superior de la arcilo-esquista en la subida de Santa Rosa, para el puerto de Barrientos | 2.588.0* |
| Límite superior de la arcilo-esquista, bajando del Puerto de Barrientos para Mellado | 2.588.0* |
| Límite superior de la arcilo-esquista, en la ladera del cerro más alto de Santa Rosa | 2.541.0* |
| Capilla del Sagrado Corazon en Santa Rosa, apoyada sobre arcilo-esquista | 2.511.5* |
| Puerto de Santa Lucía, bifurcacion del camino para el Gigante y para el rancho del Chocolate; arcilo-esquista desagregada | 2.468.0* |
| Asoma la arcilo-esquista al Noroeste del tiro de Villalpando | 2.466.0* |
| Cerro de Remedios al Este de los Locos, diorita | 2.452.5 |
| Plaza principal del Mineral de la Luz, vácia gris | 2.357.0 |
| Cumbre del cerro de la Aldana, diorita | 2.312.8 |
| Cumbre del cerro Bayo, diorita | 2.304.0 |
| San Nicolás del Monte, Arroyo de la Palma, asoma la diorita y la esquista | 2.287.0* |
| Puerto de Piedras azules, cerca de las fuentes termales de Comanjilla, contacto de la diorita con un granito de elementos finos (granulita) | 2.049.0* |
| Esquista franca en Cerro Gordo, cerca de las rocas basáltificadas del Cubilete | 2.012.0* |

El conglomerado rojo franco se presenta en montañas cuyas cúspides arredondadas en lo general, están subalternadas á las ya marcadas, por consiguiente no hay interes en citar las elevaciones que alcanza esta roca, que por su base se oculta bajo los depósitos cuaternarios.

La ciudad y casi todos sus suburbios están fincados sobre ella, así es que, para comparaciones, me limitaré á trascribir la altura absoluta de algunos sitios notables.

| | |
|---|---|
| Muro de la Presa de la Olla, que surte de agua potable á la ciudad, remate superior | 2.060.5 |
| Observatorio meteorológico en el Colegio del Estado | 2.016.3 |
| Piso del atrio parroquial | 1.991.7 |
| Paseo del Cantador | 1.963.8 |
| Estacion del Ferrocarril Central en Cantador | 1.963.8 |
| Estacion del Ferrocarril Central en Marfil | 1.904.0 |
| En los tajos del Ferrocarril Central, ramal entre Silao y Guanajuato, se oculta el conglomerado rojo bajo los depósitos cuaternarios | 1.885.0 |

El nivel que guardan los depósitos cuaternarios, con los cuales confina la Sierra de Guanajuato, son los siguientes:

*Cuaternarios del Bajío.*

| | |
|---|---|
| Puente de Tres Caminos en la carretera de Marfil á Silao, en la llanura franca | 1.791.0* |
| Silao, Estacion del Ferrocarril Central | 1.758.5 |
| Leon, Estacion del Ferrocarril Central | 1.787.7 |
| Irapuato, Estacion del Ferrocarril Central | 1.722.0 |
| Salamanca, Estacion del Ferrocarril Central | 1.704.0 |

*Cuaternarios sobre la Cuenca del Rio de la Laja.*

| | |
|---|---|
| Villa de San Felipe, situada en la llanura | 2.096.0* |
| Dolores Hidalgo, plaza principal | 1.900.0* |
| Paso del Rio de Cieneguita ó de la Laja, cerca del Santuario de Atotonilco | 1.860.0* |
| San Miguel de Allende, plaza principal, sobre la vertiente de una montaña | 1.874.0* |
| Celaya | 1.760.0* |
| Salamanca. Un poco arriba de esta poblacion se encuentra la confluencia del Rio de la Laja con el Rio Lerma. | 1.704.0 |

La comparacion de estos datos geométricos, da una idea de la naturaleza geológica de los relieves más notables de la comarca. Los picos basálticos francos del Gigante, son las rocas culminantes del grupo montañoso guanajuatense, comprendiendo bajo esta denominacion el eslabon encerrado entre las llanuras del Bajío por el Este, y las de San Felipe, Dolores y San Miguel de Allende por el Oeste; al Sur por la depresion ó escotadura montañosa que groseramente, con un rumbo de Oeste al Este, separa la serranía de que me ocupo, de la cordillera que en su orígen recibe los nombres de Sierra de Mendoza y Sierra de Santa Catarina, y en fin, por el Norte, he considerado el límite del eslabon montañoso de Guanajuato, en la depresion amplia en la cual están situados el pueblo de la Tlachiquera y la hacienda de San Juan de Llanos, que con un rumbo tosco de 50° Noroeste, separa dicho eslabon de la sierra de San Antonio de Alazanas y de la que llaman de la Tlachiquera; ambas unidas al macizo montañoso y elevado conocido por Sierra de Comanja.

Las demas manifestaciones del período basáltico, se van deprimiendo hasta tocar el nivel de las llanuras del Bajío.

Como picos culminantes con alturas absolutas de 2.831.5 metros [el de San Miguel de los Llanitos] hasta 2.741.0 [el cerro de Santa Rosa] aparecen los porfíricos, únicamente subalternados á los del Gigante. La roca de estas eminencias, más ó ménos modificada, despues de formar los caballetes, picachos, riscos, voladeros, cortadas y espigones más bizarros, en las cumbres y cejas montañosas, sus vertientes terminales se precipitan más ó menos plegadas y con diferentes declives, á perderse bajo los depósitos cuaternarios de los valles del Oriente y del Poniente, recorriendo desde aquellas eminencias encrespadas, todas las elevaciones hasta perderse en las llanuras.

Las crestas porfíricas más altas se manifiestan á la vez toscamente constantes en su direccion, á partir de las inmediaciones del Nayal, hácia Villalpando, Santa Rosa y la gran montaña de los Calzones, con una direccion próxima al meridiano astronómico, siendo en detalle la línea de mayor accidentacion de este grupo montañoso, que divide las aguas tributarias del valle del Este de las del Oeste; línea que prolongada imaginariamente, toca por un lado á las llanuras de Salamanca, y por el otro á las de San Felipe.

La direccion general de la accidentacion es del Sureste al Noroeste, atestiguada por el enlace que ofrece el grupo, por un lado con el siguiente eslabon de Santa Catarina y Mendoza, que continúa sobre la Sierra del Novillero y la del Rincon del Centeno, hasta perderse en la llanura, cerca de Chamacuero y de San Juan de la Vega, en las riberas del Rio de la Laja; y por el otro lado, por el encadenamiento que presenta con la serranía de Comanja, que se deprime en las inmediaciones del Paso de Cuarenta.

Las montañas esquisto-dioríticas, subalternadas en sus alturas á las anteriores, se presentan en sus culminaciones á elevaciones absolutas de casi 2,600 metros, sirviendo de asiento á las eminencias culminantes porfíricas. En donde la esquista y la diorita francas, ó en las transiciones de una á otra, se presentan sin cubierta de otra roca posterior, alcanzan sus elevaciones prominentes casi á la misma altura de 2,600 metros [Puerto de Buenavista], lo que se hace bien notable por la armonía geométrica de estas elevaciones, que denotan la direccion aproximada del levantamiento regional de 50° Noroeste astronómico, por la horizontalidad de las líneas que unen los sitios de igual altura. Este rumbo se asemeja al que afectan los accidentes principales del territorio mexicano.[1]

Las montañas de esta formacion se distinguen marcadamente

1 Desde Humboldt, *Ensayo Político sobre Nueva España*, traduccion castellana, tomo 3º, pág. 72, todos los exploradores de nuestras montañas vienen haciendo notar la concordancia de estas direcciones en los lechos de las rocas observadas. Para no citar varios escritos mexicanos, me limitaré á llamar la atencion sobre la constancia en el rumbo de la estratificacion de nuestras rocas marcada por el profesor Bárcena: *Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos.* México, 1875, p. de 18 á 25.—*Tratado de Geología.* México, 1885, p. 319. Estos paralelismos entre los accidentes montañosos y las dislocaciones consiguientes, han dado márgen para que el sabio geólogo Mr. Daubrée, en su interesantísimo artículo sobre las deformaciones y fracturas de la corteza terrestre, al tratar de las *fallas* y de las *juntas* congenéricas, relacionadas siempre con los grandes accidentes del terreno, proponga aplicar el nombre de *diaclasia* á lo que hasta ahora se ha llamado *junta: paraclasia* á las facturas acompañadas de desalojamiento por deslices, y en fin, ambos agrupamientos de fracturas, reunirlas bajo el nombre genérico de *litoclasia.* Véanse los detalles razonados y la etimología griega de las dos primeras palabras propuestas en la obra *Études Synthétiques de Géologie Experimentale por A. Daubrée.*—Paris. 1879, p. 351.

de las porfíricas, por la falta de cortaduras, peñones y demas accidentes terminales de las cumbres pórfidas, cumbres que en las dioríticas de esta localidad, se dibujan sus contornos más ó ménos arredondados, y su superficie aparece cubierta de vegetacion. En estas regiones es tan notable el contraste entre unas y otras, que casi con seguridad á la simple vista se pueden distinguir.

Siendo la formacion esquisto-diorítica la base de todo el compuesto de roca que constítuyen las montañas guanajuatenses, desde la altura absoluta de casi 2,600 metros desciende exteriormente por el rancho de Tuna Manza, hasta 1,920 metros, que es sitio más deprimido en que la he visto, abajo del cerro del Cubilete, y en el interior de las minas hasta la mayor profundidad absoluta conocida en ellas, en el Tiro General de Valenciana á 1,668 metros sobre el mar [su profundidad es de 515 metros próximamente] en su plano. La diferencia de nivel entre este punto y el más elevado en que se encuentra la esquista, es de 926 metros, ó sea la longitud vertical en conjunto de reconocimiento efectuado en esta formacion.

Los límites que me he propuesto al escribir este bosquejo geológico, no me permiten entrar en pormenores y detalles descriptivos que lo alargarian demasiado; así es que, dejamos al lector para que á la vista del plano adjunto de esta serranía, haga sus observaciones relativas al enlace de los relieves del terreno, á su red hidrográfica, y en general á cuanto se relacione con su aspecto físico.

Con el fin de ilustrar la parte geológica, adjunto algunas vistas fotográficas de las cercanías de la ciudad de Guanajuato, con su parte explicativa correspondiente, á fin de dar una idea del aspecto de las montañas, y de la superposicion de las rocas, sin necesidad de entrar en cansadas explicaciones que jamas logran representar el paisaje en la imaginacion, como una sola vista de irreprochable exactitud. Fácilmente se apreciarán las formas terminales de las cejas, cimas y escarpas de las cumbres, segun la naturaleza de la roca que he tenido cuidado de marcar gráficamente. Me lisonjeo de que este sistema de paisaje geológico que he ideado, será aceptado por las personas inteligentes en una ciencia de todo punto objetiva. Contando con los elementos fotográficos necesarios, se pueden sacar paisajes altamente interesan-

tes para dar á conocer nuestras cordilleras, con sus agrupaciones de rocas, rasgos peculiares de dislocacion, formas y tendencias de los grandes levantamientos realizados en nuestro territorio, y en suma, consignar bajo la forma de fotografía geológica inteligentemente desempeñada, cuanta accidentacion convenga describir. Una coleccion de estos paisajes será consultada con mucha rapidez, y dejará en la imaginacion una idea más viva, segura y estable que la descripcion más prolija y exacta.

A fin de no menoscabar en lo más mínimo los tintes fotográficos, he aplicado sobre cada vista una hoja de papel trasparente, sobre la cual se ha dibujado el perímetro correspondiente á cada una de las diversas rocas, y éstas se distinguen entre sí por colores variados, con lo que á golpe de vista se aprecia la naturaleza de las montañas.

Para mayor claridad en la secuela de esta descripcion, dividiré en párrafos especiales cuanto se refiera á cada una de las rocas de Guanajuato que voy á describir, intercalando en mi narracion la sinópsis relativa á las zonas de encuentro de las rocas, caracterizadas las más veces por metamorfismos especiales.

En una época en que la nomenclatura litológica ha llegado á ser muy extensa por el recargo numeroso de nombres introducidos por los diversos autores, ha sobrevenido una confusion muy natural en la especificacion de las rocas, si el que escribe no toma la conveniente precaucion de manifestar cuál es la nomenclatura que sigue en su narracion. Fundado en estas consideraciones, á mi juicio, muy importantes, he tenido necesidad de escoger un autor para adoptar la suya, y con este objeto he dado la preferencia á la de Mr. de Lapparent,[1] que sigue muy de cerca las clásicas nomenclaturas litológicas alemana y francesa, aceptando de esta última, la muy importante de la Mineralogía Micrográfica de los Señores Fouqué y Levy. Los nombres de rocas tomados de otros autores, llevarán su advertencia explicativa correspondiente.

1 *Traité de Géologie.*—Paris 1883, p. 530 y siguientes. Esta adopcion hace conveniente aceptar la correlativa del mismo autor para las especies mineralógicas, tal cual figura en su *Cours de Mineralogie.*—Paris 1884, p. 306.

## FORMACION ESQUISTO-DIORÍTICA.

Bajo esta denominacion he comprendido los siguientes elementos litológicos simples ó más ó ménos mezclados:

I. Arcilo-esquista propiamente dicho.
II. Vácia gris alternando con la esquista.
III. Bancos calizos intercalados.
IV. Diorita propiamente dicha.
V. Sienita-diorítica.

Cada una de estas rocas, con excepcion de la última, se encuentran repetidas veces declinando las unas á las otras por intermedio de transiciones más ó ménos graduadas. En el plano adjunto de la Serranía de Guanajuato, el color amarillo está marcando la region en que aparece la esquista de la manera más franca, mostrando, sin embargo, con frecuencia, en algunos girones pasos á la vácia gris, á la cuarsita y á la diorita.

## GRUPO DE LA ARCILO-ESQUISTA.

La asociacion de rocas más antigua que se encuentra en el macizo montañoso guanajuatense, elevado entre dos valles conocidamente cuaternarios en sus depósitos superficiales, es la constituida por la arcilo-esquista, la vácia gris y la diorita, como rocas dominantes, encerrando bancos de una sienita diorítica y de una especie de arcilo-esquista untuosa que declina en serpentina, ó de otra especie que pasa á ser una esquista anfibólica.

Siendo muy constante, segun lo he observado, las transiciones de esquista á diorita, y *vice versa*, de tal manera están enlazadas estas rocas litológicamente hablando, que yo no encuentro razon para separar lo que la naturaleza tiene tan claramente asociado, y cuando en mi concepto la arcilo-esquista, aun la mejor definida, en lo general, no es en Guanajuato una roca foliada por la fina sedimentacion de capitas separables las unas de las otras, sin un

producto de metamorfismo originado por la accion de la diorita, con su cortejo respectivo, sobre las capas sedimentarias preexistentes; lo cual explica muy bien el hecho de que las dos rocas dominantes en estas montañas, á saber la diorita y la arcilo-esquista, confinen la una con la otra sin límites en lo general recalcados, sino por medio de amplias transiciones de diversos tintes y de variados tonos.

Supuesto que lo dicho sobre el íntimo enlace entre la diorita y la arcilo-esquista en Guanajuato, tiene una trascendencia fundamental para la descripcion geológica, y para la apreciacion de su edad relativa, se hace preciso demostrar las circunstancias de este enlace, anticipándose en cierto modo á fijar algunos hechos que más bien podrian considerarse como consecuencias que debieran surgir de la narracion á la cual he dado principio.

Al examinar la arcilo-esquista guanajuatense en la Cañada de Calera, (afluente del arroyo de la pequeña poblacion minera de Santa Ana) en la que se encuentran abiertas algunas canteras para el arranque de la piedra caliza, destinada á la fabricacion de cal viva, con el objeto de cerciorarme del yacimiento de las fajas y bancos calcáreos en las hiladas de la arcilo-esquista, bastante al bajo de la formacion metalífera de la Veta Madre, y arroyo arriba de dichas caleras, me encontré inesperadamente entre los quebrados lechos de la arcilo-esquista franca, peñascos sueltos y trozos en el macizo de la montaña, con la apariencia de conglomerado pasando á esquista. La novedad del hallazgo me obligó á estudiarlo y á recoger numerosas muestras, que examinadas con calma, no me dejaron duda de que se trataba de un verdadero conglomerado, sujeto á la poderosa ó irresistible accion del apizarramiento.

La argamasa de dicho conglomerado se encuentra del todo trasformada en esquista; y los fragmentos engastados, perfectamente visibles, por dibujarse su figura á manera de mosaico sobre el fondo de color distinto de la masa que los envuelve, están de tal manera afectados tambien en su naturaleza química, y en su constitucion molecular, que no se les puede reconocer por el exámen macroscópico á qué clase de roca pertenecieron, y al fracturarlos saltan en hojas, denunciando el cambio habido en su textura, que ha pasado á ser la pizarreña bien visible.

Pude encontrar entre estos fragmentos embutidos, uno agudo de caliza gris compacta, que habiendo permanecido refractario á la poderosa accion apizarrante, reconocí en él claramente los caracteres peculiares de esta especie de caliza, entre otros la accion efervescente de los ácidos azótico y clorohídrico sobre ella.

Reflexionando sobre estos hechos nuevamente adquiridos, pude ya explicarme la presencia de un conglomerado calizo encerrado en los bancos de la arcilo-esquista; conglomerado conocido localmente con el nombre de *frijolillo*, observado por Humboldt[1] á más de 150 metros de profundidad en la mina de Ánimas, y por Burkart en el bajo de la Veta Madre en la mina de Rayas, y en diversos sitios superficiales.[2]

Esta clave explica el orígen de los dibujos frecuentes que se encuentran en la superficie de las hojas de la esquista procedente de diversos sitios, y manifiesta el modo de formacion de la arcilo-esquista, provenida de la accion metamórfica lenta de las emanaciones dioríticas sobre un conglomerado preexistente; conglomerado que para su trasformacion en esquista ha presentado diferentes resistencias, llegando al máximo en los sitios en que la accion apizarrante ha tropezado con las capas de la caliza intercalada, ó en los bancos de conglomerado calcáreo, ambos refractarios para trasformarse en arcilo-esquista.

Al llegar á esta deduccion provenida de las observaciones ajenas consignadas en obras científicas de reconocido mérito, y en las mias individuales, pude ya explicarme las variaciones y transiciones numerosas, desde la arcilo-esquista bien definida y caracterizada, hasta la diorita granuda y típica de esta clase de rocas anfibólicas.

Me quedaba por averiguar si esta observacion provenia de un hecho local, y por consiguiente excepcional, ó si en otras regiones del país se encuentran desarrolladas las mismas acciones trasformativas. Con este motivo, al explorar la serranía sobre la cual se halla ubicado el Distrito minero de Zacatecas, pude observar con entera claridad, que la diorita bien definida aparece al Oeste

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, tomo 3º, p. 81.
2 *Aufenthal und Reisen in Mexico*, tomo 1º, p. 330.

de la hacienda de amalgamacion de Sauceda, en el cerro de la Cantera, y su accion se propaga hácia el mismo rumbo, estableciendo una lenta transicion entre esta roca y la arcilo-esquista franca, que aparece á seis y medio kilómetros hácia el Noroeste, sobre las elevadas mesetas de la serranía, en los alrededores de la mina de Malanoche,[1] formando montañas enteras de allí hácia el Oeste, hasta ocultarse bajo los depósitos cuaternarios de las haciendas de campo de la Pimienta y del Maguey.

En las regiones al bajo de la Veta Grande, se encuentran zonas retiradas de las vetas en el interior de las minas, en las que, ni el metamorfismo diorítico, ni el basáltico, ni el filoniano ó metalífero, han modificado la roca calcárea arcillosa negra agrisada, en términos de que no se conozca claramente que su orígen fué sedimentario. En un crucero al bajo, ó sea al Norte en el socavon de las Mercedes en la Negociacion de San Acacio, se define bien dicha roca, que se avanza subterráneamente hasta las minas de Tecolotes y San Tiburcio, tres y medio kilómetros al Noroeste. A favor, pues, de la parte calcárea, que tambien se presenta refractaria á la accion apizarrante en Zacatecas, es como puede reconocerse que la arcilo-esquista proviene del metamorfismo diorítico sobre las rocas sedimentarias preexistentes.

Pero si las observaciones sobre las esquistas de Guanajuato y Zacatecas no dejan duda, las de Catorce son aun más concluyentes, y se presentan á la simple vista con los caractéres de una evidencia que deja el ánimo bien satisfecho. En efecto, desde luego el ingeniero D. Ignacio Cornejo, encargado de la negociacion minera de San Agustin, me cedió un ejemplar de conglomerado rojo bien definido, con fragmentos abundantes cuarzosos, trasformado en parte en esquita, y la masa general modificada por la accion apizarrante. Provino esta muestra del Socavon de la Purísima, que yo proyecté y tracé hace algunos años, destacado sobre la arcilo-esquista, que en su trayecto encontró un tramo de conglomerado rojo, siendo el encuentro de una roca con la otra el sitio que deja percibir la transicion.

En el exterior de las montañas está muy clara la accion api-

1 Siguiendo tambien el camino de la poblacion minera de Veta Grande para la ciudad de Zacatecas, en la cuesta de Bracho.

zarrante, en las cercanías de la mina "La Descubridora," porque se pueden examinar en el lecho torrencial del arroyo contiguo, peñascos sueltos de conglomerado bien definido, con la estratificacion claramente marcada, y el apizarramiento bosquejado con precision por medio de una foliacion visible, cuyos planos forman ángulos de cuarenta y cinco grados más ó ménos con los de la estratificacion.

De la Descubridora hácia las Canteras de la Joya, siguiendo toscamente una curva de nivel en las montañas, se encuentra la roca fragmentaria que pasa á ser una arenisca fina, al parecer sin alteracion por la accion apizarrante; en términos de dejarse cortar en trozos regulares; pero sin embargo, es bien difícil reconocer la naturaleza litológica de los fragmentos incrustados por las alteraciones que éstos han sufrido.

Entre el Voladero [que es una gran escarpa cortada casi á pico] junto á la ciudad montañosa de Catorce, y la pequeña poblacion llamada "Los Catorce," pasando por la desembocadura del Socavon citado de la Purísima, en una distancia de dos y medio kilómetros, se encuentran exteriormente las transiciones petrográficas de una á otra roca. En el Voladero se ostenta el conglomerado franco, con su argamasa roja cereza, y sus fragmentos esquinados cuarzosos de un color claro, en una ceja de peñasquería amurallada, que hácia su base comienza á tomar algun apizarramiento, y más abajo, en la cortadura efectuada sobre la vertiente de la montaña para abrir el camino de herradura que pasa debajo del Voladero para el socavon de Purísima, la arcilo-esquista se ha definido, mostrando colores verdes, rojos ó pardos, sobre cuyo fondo se dibujan en colores claros los que fueron fragmentos embutidos. Más abajo la esquista se presenta más homogénea en sus colores, al nivel del Socavon, y de allí, siguiendo el descenso incesante para Los Catorce, se encuentra una esquista confusa y en principio de trasmutacion á una diorita que no llega á definirse terminantemente, pero que se presiente que está oculta debajo de esta esquista que la denuncia, y que está labrada como la esquista diorítica de Guanajuato y Zacatecas, de vetillas de pistacia. Muy cerca de Los Catorce se oculta de nuevo esta esquista bajo de otra franca, de foliacion clara, y que se aproxima á la de Guanajuato y Zacatecas.

Despues de estas observaciones no me fué ya lícito dudar, que en las tres localidades citadas de Guanajuato, Zacatecas y Catorce, la arcilo-esquista es un producto de metamorfismo originado por las acciones dioríticas sobre las rocas sedimentarias preexistentes. Bajo la palabra metamorfismo comprendo, el conjunto de las modificaciones realizadas sobre las rocas posteriormente á su depósito.

Es muy probable que esta consecuencia no se limite simplemente á las regiones citadas, sino que se extienda á otras muchas en nuestro territorio, y supuesto el enlace de las dioritas con los granitos en el país, de aquí tambien puede estimarse la asociacion frecuente en nuestras regiones de las arcilo-esquistas con las mica-esquistas y aun con los gneis.

He visto que en algunas descripciones geológicas de nuestro suelo se destaca un enlace de formaciones tal, que parece denunciar un apizarramiento incompleto. El laborioso ingeniero D. Santiago Ramírez,[1] en su exploracion de los distritos de Matamoros Izúcar, Chautla y Acatlan, en el Estado de Puebla, cita la pizarra arcillosa como el miembro más desarrollado del sistema, entre la que se interpone la mica-pizarra—un conglomerado penetrado en parte por la pizarra arcillosa—mica-pizarra, penetrada por el conglomerado—conglomerado penetrado por la mica-pizarra. Estas penetraciones de las pizarras por un conglomerado y *vice versa*, inducen á sospechar la accion apizarrante que no tuvo la energía suficiente para trasmutar la totalidad de la roca preexistente.

Muy de paso notarémos tambien que en los notables pizarrales franceses del Ardenne, se encuentran asociadas como en Guanajuato, las rocas estratificadas con las dioritas, estableciendo transiciones de unas á otras.[2]

No todas nuestras arcilo-esquistas deben por lo dicho considerarse como productos de metamorfismo, supuesto que algunas se presentan como rocas francas de sedimento fino, y aun con lami-

1 *Estudios sobre el carbon mineral por el ingeniero de minas Santiago Ramírez.*—México, 1882.—Opúsculo.—p. 20 y 49.

2 Véase la erudita obra *Mémoire sur les caractéres minéralogiques et stratigraphiques des roches dites plutoniennes de la Belgique et de L'Ardenne française; par Ch. de la Vallée Poussin et A. Renard.* Bruxelles, 1876.

nillas de mica conteniendo fósiles bien definidos sin deformaciones notables. En las esquistas citadas producidas por trasmutacion, no ha sido posible encontrar en su masa ningun resto fósil, lo cual se explica perfectamente, supuesto que si los guijarros cuarzosos desaparecen por la difusion apizarrante que tiende á homogenizar la masa, con mayor razon serán desagregados esos restos, que rara vez presentarán una resistencia suficiente para quedar visibles.

No pretendo asegurar la carencia absoluta de fósiles en la esquista guanajuatense; su hallazgo me parece hasta probable buscándolos diligentemente entre los girones más arcillosos y ménos foliados, encerrados en la masa general de la esquista. Quizá hasta en los bancos más gruesos y ménos afectados de la caliza se pudieran encontrar petrificaciones. Las determinaciones paleontológicas vendrian á fijar con precision la edad relativa de estas esquistas.

Así pues, el estudio de estos fenómenos de apizarramiento, que en Europa han atraido la atencion de sabios tan reconocidos como Sedgwick[1] (que fué el primero que distinguió los lechos de estratificacion de los planos de apizarramiento en una escala amplia), Phillips, Sharpe, Sorby[2] Tyndall, Darwin (mencionando entre otras unas obsidianas de México) y muchos otros que seria largo enumerar, merecen en nuestra República una atencion particular por parte de nuestros inteligentes profesores de mineralogía y geología de los diversos Establecimientos del país, aplicando el exámen microscópico, que tan copiosos y excelentes resultados ha dado para el reconocimiento de las rocas metamórficas.

La textura apizarrada, que en castellano podremos designar tambien con las palabras, *esquistosa*, *pizarreña*, *fisilácea*, *fisilosa*, *filadicma* y *filádica*, se encuentra desarrollada en un gran número de casos bajo influencias de un metamorfismo más ó ménos mar-

1 *Remarks on the structure of large mineral masses, and especially on the chemical changes produced in the aggregation of stratified rocks during different periods after thrir deposition. Transactions of the Geological Society of London.* 2ª ser. t. III, p. 461–1,835.

2 *On the Origin of Slaty Cleavage*, por H. C. Sorby.—*Edimburg New Philo. Journal*, 1853. Vol. LV, p. 137.

cado. Las rocas que la presentan, tienen gran desarrollo en la superficie del globo entre las estratificadas fosilíferas, especialmente entre las más antiguas. La misma textura aparece en las rocas cristalinas que sirven de base á la série sedimentaria, y aun participan de ella algunas de las evidentemente eruptivas.[1]

Manifestaré desde luego, que siguiendo á los Sres. Chancourtois y Lapparent, al referirme á la *textura*, trataré nada más de lo que estrictamente puede comprenderse bajo esta palabra, tal y como se efectúa en los estudios mineralógicos, y *estructura* me servirá para designar las figuras que tome la roca en grande escala, como *extratiforme*, *columnar*, *prismática*, *esferoidal*, *escarpiforme*, etc.

El apizarramiento ó fisibilibidad se ha dado á conocer con el nombre de crucero, particularmente en las rocas estratificadas, y al correspondiente de las rocas cristalinas se le ha designado con el de foliacion ó laminacion.

En los pizarrales encajonados entre rocas indudablemente sedimentarias, si bien frecuentemente coinciden los planos de estratificacion con los del apizarramiento, se separan á veces formando ángulos diferentes con el horizonte y entre sí. Las caras de separacion de las hojas de la pizarra, muchas veces no son visibles, pero se presentan al golpear la roca, por encontrarse en un estado virtual ó latente.

Suele acontecer que la pizarra en su yacimiento, manifiesta una foliacion franca, y perpendicularmente ó bajo cierto ángulo se presentan otras séries de juntas ó cruceros secundarios, y así la foliacion, como estos cruceros, están atravesados por la estratificacion, definida tambien. Ejemplos clásicos pueden citarse estudiados por notabilidades científicas en los pizarrales franceses del Ardenne.

Cuando el apizarramiento pasa de una roca á otra de especie

1 El sabio y laborioso geólogo Mr. Daubrée, de quien he extractado las observaciones que á continuacion expongo, ántes de describir sus interesantes experiencias sobre el apizarramiento [*schis tosité des roches*] presenta una sinópsis muy importante sobre esta materia. *Etudes Synthétiques de Géologie Expérimentale.* Paris, 1879, ps. 391 á 445.—Véase tambien *Elements de Géologie par Sir Charles Lyell, traduit de l'anglais sur la sixième édition par M. I. Ginestou.* Paris, tomo II, p. 503.

diferente, persiste las más veces; pero presentando diferencias en su intensidad, y aun tomando inflecciones en este paso, segun lo demostrado por el célebre geólogo inglés de la Bèche. Bien conocido es el hecho de que en la foliacion ó luminacion de las rocas cristalinas, las caras homólogas de los minerales cristalizados constitutivos, afectan un paralelismo notable, especialmente la mica, clorita, talco y otras especies hojosas, manifestándose tambien en las tabulares, como la ortosa y oligoclasia. Las sustancias metálicas, tales como el hierro oligista, se presentan del mismo modo, notoriamente en la arenisca llamada *itabirita*.

La textura hojosa de las rocas sedimentarias, y la luminar de las cristalinas, las comprende el Sr. Daubrée bajo el nombre genérico de *apizarramiento* ó *esquistamento*.[1]

El apizarramiento se presenta no solamente en rocas diversas, litológicamente hablando, sino tambien en las situadas á gran distancia bajo el punto de vista de su edad de formacion. *Esta textura, muy frecuente* en las rocas fosilíferas más antiguas, silurianas y devonianas, persiste á veces hasta los terrenos más recientes, cuando han estado sujetos á dislocaciones. Ejemplos pueden citarse de pizarras de techar explotadas en el terreno carbonífero, en las hiladas jurásicas, en los terrenos cretáceos, y en fin, algunas de calidad superior á las de Lias, se explotan en el terreno numulítico.

"A la vez al Norte y al Sur de San Francisco [de California], sobre la costa, se encuentran pizarras metamórficas, parcialmente talcosas, que son terciarias ó cretáceas, y la roca *apizarrada talcosa* conteniendo las minas mercuríferas, entre San Francisco y Monterey [en el Nuevo Almuden y en las inmediaciones] se supone que forma parte de estas séries."[2]

Los mismos terrenos esquistosos encierran á veces calizas de textura pizarreña muy marcada, cuando ésta es impura en cierto grado. Las calizas foliáceas, tales como las *cipolinas*, son frecuen-

1 Aplico las palabras *esquista* ó *fisilo*, como nombres genéricos de las rocas con textura pizarreña perfecta ó imperfecta, correspondiente al *Schiste* frances, y *pizarra* á la roca de textura pizarreña perfecta, expresada con la palabra *ardoise*. La última es la que se explota extrayéndola de canteras especiales, con el fin de sacar hojas para techar, escribir, etc.

2 *Dana Manual of Geologie*.—Edicion sin fecha, p. 511.

tes en los terrenos cristalizados. En condiciones semejantes se encuentran las cuarzitas esquistosas: su foliacion corresponde á la presencia de la mica, del talco, de la clorita [*itacolumita*] ó del oligista [*itabirita*]. Otras especies minerales pueden interponerse entre las hojas, como la distena y la grafita.

Las interesantes experiencias de Mr. Daubrée sobre el apizarramiento, esclarecen el problema. Mr. Sorby, procediendo del análisis microscópico á la síntesis experimental, logró por la simple presion ejercida sobre arcilla blanca mezclada de pajillas de oligista, obtener una textura claramente hojosa, perpendicularmente al sentido de la presion; pero las de Daubrée no dejan duda de que habiendo escurrimiento ó deslizamiento de las masas, éstas toman la textura hojosa en el sentido del esfuerzo, imitando en la distribucion de los elementos constitutivos de la roca así foliada, los caracteres de las naturales, y aun tomando propiedades físicas análogas, como la conductibilidad térmica.

Ha demostrado tambien, que el escurrimiento de las masas naturales por efecto de las grandes presiones, al originar el apizarramiento, no ha sido en virtud de que las rocas hayan tenido una consistencia pastosa, sino en razon de la intensidad del esfuerzo. Las rocas apizarradas de hojas horizontales ó poco inclinadas, habrán podido adquirir esa textura por la simple presion cuando se trate de rocas dóciles para adquirirla; pero las de hojas casi verticales, parece más probable que esa textura la hayan recibido por escurrimiento ó laminacion.

Conviene recordar que Mr. Fox obtuvo la misma textura por el paso de una corriente voltaica, y que el mismo Mr. Daubrée la obtuvo sobre el vidrio por la sola accion del agua sobre calentada.

Supuestas estas experiencias, se comprende desde luego, que esta textura, bajo la influencia de causas semejantes, la han podido adquirir, así las rocas sedimentarias como las eruptivas, independientemente de su orígen. Esto explica tambien la causa de la transicion insensible de los granitos, por ejemplo, al gris y á la mica pizarra; rocas en un tiempo tomadas como sedimentarias y metamórficas. El granito, la sienita, la protogina y los pórfidos, se presentan en muchas localidades bajo la forma apizarrada, y *vice versa*, las mismas capas silurianas, y devonianas

de Suecia, de Noruega y de Estados Unidos, que han conservado su horizontalidad primitiva y que no han sido metamorfoseadas, no presentan apizarramiento.

Por otro lado, si la causa del apizarramiento es en gran parte mecánica, la direccion de sus hojas obedecerá á la de los accidentes que le han dado su orígen, y en efecto, en las cadenas de montañas y en los macizos montañosos, obedece su foliacion á la direccion de los accidentes del terreno.

El estudio detallado de los fenómenos á que ha dado lugar el apizarramiento, induce á comprender que estas trasformaciones se han desarrollado lenta y gradualmente en el curso de largo tiempo.

A estas doctrinas europeas aplicables á Guanajuato, agregaré de mi parte algunas observaciones concernientes á la trasmutacion química de las rocas sujetas al apizarramiento, que vendrán á demostrar que, además de las poderosas causas mecánicas que sin duda han obrado en estas regiones durante la elevacion diorítica de las montañas, han cooperado tambien por su lado evidentemente, agentes químicos que han dejado la impresion precisa de sus huellas. En efecto, para que un conglomerado entre cuyos fragmentos figuran rocas cuarzosas, se haya trasmutado en esquista magnesiana con pasos á serpentina, y entre su foliacion hayan llegado á individualizarse, en pequeñas escamas el talco, la clorita, y la mica, se hace indispensable admitir la intervencion de agentes químicos, entre los cuales ha figurado el agua en vapor ó sobrecalentada, supuesta la presencia de silicatos hidratados, como la serpentina, la clorita y el talco, ó el de la mica, que casi siempre contiene una pequeña cantidad de agua.

Concediendo que la foliacion de la roca sea determinada por las enérgicas presiones y deslizamientos ó escurrimientos de las masas montañosas, la explicacion de los fenómenos químicos la encuentro más sencilla. En efecto, el levantamiento de una region del globo debida á la accion dinámica ejercida contra el interior de la corteza terrestre, impeliéndola de adentro hácia afuera, viene acompañada frecuentemente de vapores y de agua sobrecalentada, que por consiguiente trae en solucion sustancias casi ó enteramente insolubles á la presion ordinaria atmosférica, y aun á la temperatura de la ebullicion. La accion de estos vapores y líquidos escapados por entre las grietas y comisuras consiguien-

tes á las fracturas de levantamiento, impulsados por la poderosa presion provenida del interior del globo, se encuentran obligados á penetrar las diversas rocas y á filtrarse entre un tegido molecular tanto más imperfecto, cuanto que la roca sea de orígen sedimentario de elementos más toscos.

Desde el momento en que el fenómeno mecánico de la foliacion se determine, los vapores y líquidos encuentran para su difluencia conductos ménos difíciles siguiendo dicha foliacion, y á su tránsito de escape, disolverán los compuestos más solubles que encuentren, y abandonarán aquellos más difícilmente solubles en esas circunstancias. En suma, las reacciones químicas consiguientes á esta corriente líquida y gaseosa determinarán la desaparicion de unos compuestos depositados entre las rocas, sustituyéndolos con el depósito de otros.

El exámen macroscópico de los conglomerados semi-trasformados en esquista, demuestra perfectamente esta accion. Los nódulos no calizos que están visibles, han tomado la textura foliada fina más ó ménos perfecta, y las hojas de la esquista los rodean con su foliacion perturbada pero no interrumpida, á la manera de como un guijarro interpuesto en una somera corriente de agua que apénas lo cubre, perturba pero no corta las capas del líquido que siguen su curso en su derredor. Si el apizarramiento en este caso se debiera simplemente á una accion mecánica, pasaria la foliacion de la argamasa del conglomerado á los fragmentos engastados, sin mostrar esa especie de inflexion de las hojas que alojan dichos fragmentos. La facilidad para desaparecer los fragmentos no calizos y la resistencia de los calizos para difluirse, demuestran el tránsito de unos líquidos impotentes para atacar el carbonato de cal y adecuados para arrastrar la silice. En otros períodos geológicos en el país, correspondientes al terciario y al cuaternario, se advierten huellas notables del tránsito subterráneo de aguas apropiadas para atacar las calizas cretáceas; ataques hoy manifiestos en las numerosas cuevas, grutas y sótanos conocidos en diversas localidades.

Siguiendo la exposicion sencilla y clara que de las acciones metamórficas presenta Mr. de Lapparent,[1] diré, que los tres podero-

1 *Traité de Géologie.*—Paris—1883—p. 1,236.

sos factores de metamorfismo, el calor, el agua y la presion, no faltan en las acciones orogénicas para ejercer sobre una inmensa escala sus influencias, como en la célebre experiencia de James Hall, que con creta y agua encerradas herméticamente en un sólido tubo expuesto á un enérgico calor, obtuvo un verdadero mármol, y esto, sin tener en cuenta más que el calor debido á las acciones mecánicas consiguientes al levantamiento, obrando sobre la roca y sobre el agua que la impregna, á profundidades en que el vapor engendrado difícilmente podrá encontrar salida, al ménos de pronto. A estos elementos de por sí muy poderosos, como que se ejercen sobre la escala correspondiente á la emersion de los contenientes, y al nacimiento de las cordilleras montañosas, se reunen no pocas veces, las enérgicas acciones químicas y caloríficas consiguientes al escape de las emanaciones del interior del globo, que forman como el cortejo de la salida de las rocas ígneas, penetrando bajo formas líquidas y gaseosas á enormes presiones la masa de las rocas preexistentes; por consiguiente nunca se podrá dudar de todo el poder de este conjunto anexo á los fenómenos orogénicos, para determinar las graduales y escalonadas formas, ó las bruscas y recalcadas manifestaciones impresas por el metamorfismo.

Quizá haya sido difuso en esta digresion intencionalmente desarrollada, porque aún tenemos en México personas estudiosas, de variados conocimientos, partidarios aún de la antigua escuela petrografista de principios de este siglo, que al encontrar en el terreno las esquistas micáceas, talcosas, cloríticas ó arcillosas, el gneis y el granito, casi siempre clasifican este agrupamiento como perteneciente á las rocas azoicas ó paleozoicas, siendo así que la mayor parte de los granitos mexicanos que he tenido ocasion de examinar, relacionados claramente á rocas fosilíferas determinadas por nuestros geólogos, pertenecen, con su cortejo de rocas respectivo al fin del período cretáceo.

## I. Esquista.

Una vez demostrado que esta roca es un producto de metamorfismo mecánico y químico originado por las acciones dioríti-

cas sobre las rocas sedimentarias preexistentes, se comprende el íntimo enlace de la diorita con la esquista y el por qué de las transiciones francas de una á la otra, en donde las poderosas acciones metamórficas posteriores no han ofuscado la claridad de estas graduadas trasmutaciones.

La arcilo esquista se encuentra dominante superficialmente al bajo de la Veta Madre, desde la mina de Valenciana y de Sirena, hácia el Norte hasta las cercanías de Santa Rosa, Cerro de San Miguel de los Llanitos y Cerro Prieto. La vácia gris domina en el vecindario de las minas de la Luz, de Sur á Norte, desde las cercanías del Cerro del Cubilete hasta el Rio del Gigante, alternando con la esquista, y ambas pasando á diorita. La felsita y la cuarcita se presentan como unas rocas de metamorfismo provenidas probablemente de la esquista y de la vácia, en algunos sitios aislados, por ejemplo en la Cuesta Grande, en el camino de herradura de Guanajuato á la Luz, declinando por el Este á diorita y por el Oeste á esquista. Preséntase en fin, la caliza, en girones aislados entre la arcilo-esquista.

El macizo montañoso que apoya estas rocas más ó ménos foliadas, es la diorita confinante con ellas, no solamente por linderos superficiales mal definidos sino por las transiciones litológicas, que desde los tipos marcados de esquista, vácia y felsita, vienen por graduaciones más ó ménos extensas á terminar en una diorita franca.

En el interior de las minas de la Veta Madre, en las regiones del bajo, se ostenta la esquista con caracteres de foliacion tan recalcadas, y tan fácilmente se divide y subdivide en hojas, que ha merecido por parte de los mineros el expresivo nombre de *Pizarra de Hoja de Libro.*

Sin embargo de que he separado regionalmente la distribucion de las rocas esquisto-dioríticas, no debe considerarse esta separacion como absoluta, supuesto que entre la esquista aparece la diorita, y entre la masa de ésta se encuentran girones más ó ménos extensos de esquista, y en la superficie asignada á la vácia gris alternando con la esquista, asoma la diorita unas veces, y en otras, como hácia el Cubilete, y en sus vertientes hácia la llanura, aparece la esquista verde serpentinosa casi aislada.

El esqueleto montañoso en el que domina la esquista, se pre-

senta muy marcado en las cercanías de Santa Rosa y del Puerto de Barrientos, en cuyos sitios se eleva á una altura absoluta de casi 2,600 metros.

Sobre la regularidad de este levantamiento llamé la atencion anteriormente, y si se examinan con atencion las montañas esquistosas, se advierte que la roca que las forma, ocupó un macizo regularizado de suaves pendientes hácia las montañas sobre las cuales están radicadas las minas de Mellado y Valenciana. El régimen hidrográfico de la localidad, surcó esta roca de una manera profunda, y puede decirse que del Cerro de Pulquera en el que se encuentra el Puerto de Barrientos, nacen los arroyos que despues forman las cañadas principales de San Nicolás del Monte y Sirena, la de Rayas, la de Tolula y parte de la de Esperanza.

Desde las cercanías del más elevado Cerro de Santa Rosa hasta la mina de Mellado, se camina sin interrupcion sobre un caballete montañoso de esquista cubierta ó desnuda, que divide las corrientes tributarias de la cañada de Rayas de las correspondientes á las cañadas de Jolula y Esperanza, encerradas todas en su orígen por la esquista, y avanzando en profundidad, concluyen por poner á descubierto la diorita franca en la cañada de Esperanza, y transiciones de esquista á diorita en lunares en las demas cañadas.

Del macizo esquistoso de la serranía representado por el grupo de montañas de las cercanías de Santa Rosa y coronado en un pequeño espesor relativo por las rocas porfíricas, se desprenden largos y marcados contrafuertes, con cejas de descenso constante y graduado, que encajonan las quiebras más largas y profundas por los declives de la serranía guanajuatense que miran al suroeste.

Así, pues, la esquista está apoyada sobre la diorita, por lo cual conforme á las teorías geológicas de principios de este siglo, se habria creido que la esquista, tomada como una roca sedimentaria, seria más reciente que la diorita y se habria depositado en las cuencas formadas por esta roca, á no haber encontrado Humboldt la diorita en bancos intercalados en la formacion pizarreña.

Llamo la atencion sobre este hecho, porque es muy frecuente en las descripciones geológicas antiguas de nuestros distritos de

minas, invertir el órden cronológico de las rocas. Encuentro por ejemplo en el bosquejo geognóstico de Zacatecas, del inteligente naturalista D. José M. Bustamante, y del hábil ingeniero aleman Berghes, lo siguiente: "La roca más antigua de este país es la sienita, que forma la base de todas las montañas, porque sobre ella descansa hácia el Norte una extensa formacion de pizarra." [1]

El mismo Humboldt, uno de los más ilustres geólogos de principios del siglo, conducido por las mismas teorías, ha tomado el granito de las costas de Acapulco, que asoma repetidas veces en el camino que de ese punto conduce para las ricas minas de Taxco, como roca primitiva, base de la serie extratificada; roca que ha venido á demostrarse paleontológicamente pertenecer en su emision al fin del período cretáceo. [2]

En la superficie del terreno, la esquista tiene un color general amarillo, tirando al verde, al rojo y al pardo, por la mayor ó menor cantidad de óxido de hierro anhidro ó hidratado contenido en sumasa. En algunos sitios de menor extension, especialmente en los arroyos profundos y estrechos, como en el de Sirena y Jolula, tiene un color general verde puerro y celedon, que suele aclarar hasta el verde montaña, para pasar á los tintes del amarillo. La esquista negra carburada asoma al exterior en la cañada de Jolula y en la de Calera.

En el interior de las minas, su color dominante es el verde, aunque tambien la hay negra más ó ménos carburada, y aun tirando á blanco, la talcosa y la micácea.

Quizá en las cañadas profundas ahondadas durante la época cuaternaria, la esquista se presenta verde por no haber penetrado la oxidacion en su masa; pero tambien he notado que este color indica sus transiciones hácia diorita, con la cual está en constante relacion.

Sin embargo de que he fijado el contrafuerte montañoso que

1 *Descripcion de la Serranía de Zacatecas, formada por J. M. Bustamante en* 1828 *y* 1829, *y aumentada por C. de Barghes.* Reimpresa en Zacatecas—1883—p. 18.

2 *Exploracion del Distrito de Minas de Coalcoman. Estado de Michoacan, por el ingeniero de Minas Manuel Urquiza.—Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana.*—Tomo 7º, México—1882—p. 221.

desprendiéndose de la más elevada cumbre de Santa Rosa, continúa sin interrupcion hasta la mina de Mellado, como una region esencialmente esquistosa, no por eso se presenta á la vista sin enlace con la diorita. En efecto, partiendo de los alrededores de esta mina, y cruzando los crestones de la Veta Madre, que desde la mina de Valenciana hasta la de Sirena separa las capas de conglomerado rojo de la formacion esquisto-diorítica, se pasa desde luego por el camino de herradura que se dirige á Santa Rosa á una caliza esquistosa azulada, apoyada sobre la esquista, y esta aparece más adelante en el Cerro de la Gloria, bajo la forma de una pizarra arcillosa, verdosa y rojiza franca, divisible fácilmente por sus hojas, en cuyas caras de separacion se encuentran escamitas diseminadas de talco blanco de plata. La roca está de tal manera cortada por relices que, trasversalmente á la foliacion se divide en hojas irregulares y angulosas. En la misma montaña se manifiesta tambien una esquista de foliacion ménos franca, con colores rojos y verdes más vivos, y en su interior manchas negras de óxido de hierro, con el mismo aspecto general en la superficie que si fuera cal-esquista. Este tipo es uno de los eslabones de enlace entre la esquista y la diorita.

Más arriba, siguiendo el mismo camino en el faldeo del Cerro Pelon, en un sitio en que el terreno está muy cargado de óxido de hierro y con un color cereza, la esquista gris verdosa, labrada de venillas de cuarzo, ha tomado mayor dureza (de 5 á 6 de la escala duodecimal), la foliacion casi no se define, y la roca pudiera calificarse como una vácia gris, compacta astillosa declinando á roca verde.

Siguiendo el ascenso, en la cuesta del Plomo, la esquista vuelve á definirse, toma los colores rojos, amarillos, verdes y aun grises, cuando se carga demasiado de arcilla, y por consiguiente se pone blanda, y ya para llegar al Puerto de Barrientos, en donde se oculta bajo las rocas porfíricas, se encuentra leñiforme y como encarrujada en su foliacion, quizá por los impulsos ascensionales contra las capas superiores de una roca de otra naturaleza.

Del Puerto de Santa Rosa, regresando á la ciudad por Esperanza y Valenciana, se camina sobre esquista franca, ondulada y plegada, que cambia de aspecto en el Valle de Jolula, porque desaparecen las *filitas* y con ellas la foliacion, y la roca se presenta

como una vácia gris compuesta de una mezcla perceptible de feldespato y cuarzo.

Estas variaciones que manifiesta esta roca en la region misma en que domina, demuestran la poca constancia de sus caracteres, variables á cada paso. Por lo demas, la esquista franca presenta las siguientes variedades principales; la negra, que es la ménos magnesiana de todas, de foliacion fina, más ó ménos carburada, y de aquí su color que la distingue; siendo á veces tal la abundancia del carbon incluido en su masa, que se aisla entre la foliacion bajo la forma de costritas lustrosas de plombajina, y entónces tizna los dedos. Es muy frecuente al bajo de la Veta Madre en las minas de Valenciana, Cata, Sechó, Mellado, Rayas, etc., y en el exterior en las cañadas de Rayas y de Jolula. El carbon que tiñe su masa es muy probable que proceda de la accion del metamorfismo sobre los restos vegetales y animales.[1] La variedad magnesiana, de diversos colores y tintes, desde los muy claros hasta los oscuros, reconocible por su untuosidad y fina foliacion, se encuentra bajo la forma de arcilo-esquista, pasando á esquista esteatitosa, talcosa y clorítica, y es muy frecuente en el exterior y en el interior de las minas; unas veces de un color plateado y lustre tirando á nácar, y otras girando el color hácia el verde con lustre de seda marcado. La variedad netamente arcillosa escasea; su foliacion se presenta más gruesa y casi siempre arrollada, acilindrada ó encarrujada, quizá por la menor resistencia que ha presentado bajo la enérgica accion de las presiones y deslizamientos ascensionales de las masas montañosas: sus colores son claros, grises, amarillos y rojizos, tirando á pardos, de olor arcilloso muy recalcado y de poca dureza, [de 2 á 4, escala duodecimal]: se la encuentra en lunares que han escapado al metamorfismo [falda Este del Cerro Gordo cerca del Cubilete, cercanías del Puerto de Barrientos y Loma del Porvenir, cerca de la mina El Capulin]. La variedad micácea, que es la más escasa de todas, la he visto en la fractura reciente de color gris verdoso, tirando á verde aceituna, de foliacion ménos fina que las ante-

1 Tal es la opinion de Mr. Daubrée referente á las rocas sedimentarias en las cuales han desaparecido los restos fósiles de animales y de plantas. *Études de Géologie Esperimentale.*—Paris—1879—p. 143.

riores, y presentando á veces el aspecto de vácia gris; semidura [de 5 á 7] y se encuentra en la cañada de Calera y al Sur de las casas de la mina del Capulin, al Este de Villalpando. Casi nunca hacen efervescencia con los ácidos estas distintas variedades, á excepcion de en las venillas de calcita que las labran.

La esquista pasa por transiciones de diferentes grados á la serpentina, casi siempre verde, á la anfibolita verdinegra, á la sienita, y en fin, á la diorita, y en una sola localidad la he visto pasar al gneis, cerca del granito que asoma en las inmediaciones del Rancho de Pabileros, al Oeste abajo del Cubilete; gneis escasos en mica, abundante en feldespato rojizo, y cruzado por venillas de granito.

Conviene hacer presente que en las esquistas de Guanajuato no se han llegado á encontrar entre su foliacion ciertas especies mineralógicas que en estas rocas aparecen cristalizadas, como la andalusina, estanrolita, cianita, chiastolita, granates, etc.

Los engranes é intercalaciones mútuas de la diorita con su cortejo respectivo, y las esquistas, se explican muy bien desde el momento en que se reconoce que la esquista es una roca producida por la doble accion de los metamorfismos mecánico y químico de las emanaciones anfibólicas sobre las rocas preexistentes.

La esquista franca superficial, además de mostrar sus cruceros de foliacion característicos, deja conocer otros trasversales á los primeros, reconocibles por pequeñas comisuras, por líneas rojizas de óxido de fierro, ó por su existencia virtual que se hace efectiva al golpe, y en todos casos presenta en la fractura los cruceros preferentes de la foliacion y los secundarios de las juntas, tomando en consecuencia los fragmentos la forman de paralelipípedos aplanados.

En las diversas modificaciones que presenta la esquista, suele cuarcificarse demasiado hasta llegar á ser una lidia ó *fanita* [*phthanite*] intercalada entre la roca de foliacion más ó ménos clara [por ejemplo en las cañadas de Rayas y Jolula]. En el lecho del arroyo de la Tenería, abajo de las minas de plomo, en las cercanías de Harperos, me encontré un criadero grueso de esta lidia intercalada entre la esquista, que podria servir para la ornamentacion; está compuesta de capitas delgadas alternantes,

blancas y negras, distribuidas con simetría y regularidad; su dureza es bastante para dar chispa al eslabon.

Por donde quiera que visité las montañas guanajuatenses, tomé la direccion é inclinacion de las hojas de la esquista, y al recapitular estos datos numéricos, no he podido deducir consecuencias de interes, á no ser los constantes cambios de la foliacion en sus direcciones é inclinaciones. En vista de la regularidad que le pareció notar á Humboldt,[1] Birikante[2] expone de su parte que no está de acuerdo con esta observacion, y yo, fundado en un registro considerable de guarismos, no he podido fijar la direccion más persistente del apizarramiento.

Los estudios detallados de los geólogos guanajuatenses, quizá vendrán á darnos á conocer si estos cambios constantes y frecuentes son debidos á las ondulaciones, plegamientos y torsiones de la foliacion consiguientes á los poderosos fenómenos de levantamiento posteriores á los dioríticos; ondulaciones decapitadas, aceptando la gráfica y expresiva palabra del profesor Bárcena, en virtud de haber sido arrastradas en sus remates superiores por las vastas erosiones cuaternarias; ó si las causas de las variaciones residieron en la manera de obrar del metamorfismo que engendró este apizarramiento. Los estudios de detalle vendrán tambien á esclarecer el problema consiguiente á explicar los agrupamientos de distribucion de las distintas variedades de la esquista.

La intercalacion de otras rocas es muy clara en la masa esquistosa, y supuesto que el labrado minero vertical más profundo es el tiro general de Valenciana, y por consiguiente el que ha llevado más léjos la exploracion, tomaré de Humboldt la nota de rocas atravesadas en el alto de la veta. Partiendo del brocal y hasta 183 metros, conglomerado rojo; despues penetró en una esquista negra carburada fuertemente y de hojuelas muy delgadas, á la que siguió la esquista parda-azulada, magnesiana y talcosa; la esquista anfibólica [anfibolita] negra verdosa, un poco mezclada de cuarzo y de pirita, de hierro, que no tiene feldespato, ni pasa á roca verde; la serpentina verde puerro que pasa á verde aceituna, de textura desigual y grano fino, en lo interior mate, res-

1 *Ensayo Político sobre Nueva España.*—Paris 1827, tomo 3º, p. 72.
2 *Aufenthalt und Reisen in Mexico.*—Stuttgart 1836, tomo 1º, p. 334.

plandeciente en sus hendeduras, llena de pirita y que carece de granates y de espato de viso ó dialage, mezclada con talco y esteatita; la esquista anfibólica; la sienita ó mezcla granujienta de mucha anfíbola verdinegra, mucho cuarzo pajizo y poco feldespato hojoso y blanco. La sienita hendible en capas muy delgadas, está compuesta de cuarzo y de feldespato tan irregularmente repartidos, que algunas veces forman vetitas en medio de una pasta anfibólica. La sienita forma la capa más considerable de los ocho bancos que se encuentran intercalados, cuya direccion é inclinacion concuerdan con la foliacion de la esquista: tiene más de 60 metros de espesor, y es indudable que la esquista anfibólica, alternando dos veces con la serpentina, y ésta alternando probablemente con la sienita, forman bancos intercalados á la gran masa de la esquista guanajuatense, "como yo lo he visto, dice el Sr. Humboldt, en las obras más profundas de la mina llamada Planes de San Bernardo, en donde á 240 metros por bajo de la capa de sienita, volvia á encontrarse un esquista carburada, idéntica con la que se atravesó al comenzar á abrir el nuevo tiro."[1]

Exteriormente asoma la esquista serpentinosa, en una mesa arriba de la mina de Puerta, que se dirige para el Cerro Bayo ó Colorado, y en las cañadas de Santa Ana y Esperanza, en los sitios en donde la esquista se aproxima á la diorita.

Es de advertir que esta serpentina ligeramente magnética, la de colores oscuros, segun observacion de Humboldt, se encuentra sin su cortejo de acompañantes que le son frecuentes, como la enstatita y el dialage de los gabros, ó el olivino de las peridotitas, del metamorfismo, de las cuales procede frecuentemente con la intervencion del agua. Debo hacer constar, sin embargo, mi sospecha confirmada por una observacion de Burkart,[2] que cita la presencia de la enfótida, en la cumbre del Culebreado, á 2,397 metros de altura absoluta (7,657 piés del Rihin), sospecha referente á que la diorita, muy cargada de hornblenda y conver-

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, tomo 3º, pág. 99.

2 *Aufenthalt und Reisen in Mexico*, tomo 1º, pág. 337. El Culebreado es una montaña de poca referencia en Guanajuato, situada en el encortinado diorítico, del cual forma una eminencia coniforme, sobre cuyas vertientes, que miran al Este, pasa la vereda que de la parte baja de Marfil se dirige hácia Valenciana y Santa Ana.

giendo á anfibolita ó sea esquista anfibólica, tome cierta tendencia la hornblenda de pasar á enstatita, al ménos superficialmente (en las cercanías del Campo Santo de San Ignacio en la Luz], tendencia denunciada por los visos metaloides semejantes á los de la enstatita.

Segun Mr. Lory,[1] existe un dique de anfibolita en los Altos Alpes en la Serre, pasando á eufotida, que á su vez pasa á serpentina. La intercalacion de la serpentina guanajuatense entre la foliacion de la esquista y encerrada entre anfibolita, ¿no obedecerá á un fenómeno semejante de metamorfismo más directo, por haber apénas iniciádose la trasformacion de la hornblenda en enstatita?

Teniendo gran desarrollo y poderosa influencia en la accidentacion los fenómenos basálticos del país, me fué preciso reconocer si las producciones serpentinosas han provenido del metamorfismo contemporáneo del período terciario; pero esta hipótesis tuve que desecharla, supuesto que entre los fragmentos que engasta el conglomerado rojo, sobrepuesto á las rocas apizarradas, decididamente anterior á los basaltos, se encuentra representada la esquista guanajuatense con todo el cortejo que ahora se le conoce.

Además, la colocacion de la serpentina con una especie de estuche de anfibolita en unos casos, y en otros con una aureola de difusion terminada por desvanecimiento, si se toma por una especie de *intrusion*, ésta no puede pertenecer sino al dioritismo con su cortejo respectivo de fenómenos de detalle hasta su extincion; pero yo considero más bien la presencia de esta roca como la consecuencia del metamorfismo hidrotermal ó hidrotermógeno diorítico sobre las rocas preexistentes, supuesta la liga de union de los fenómenos de hornblendificacion y los de serpentinizacion.

No es fuera del caso recalcar que la serpentina, como roca, es por lo general un producto de metamorfismo. Artificialmente por la via húmeda, la ha producido A. Gages, colocando una disolucion de silicato de magnesia gelatinosa en otra diluida de potasa, y despues de un reposo de meses, se deposita bajo la forma de

1 *A. de Lapparent, Traité de Geólogie.*—Paris, 1883.—Página 1,141.

una masa amorfa y trasparente.[1] El notable mineralogista guanajuatense, D. Severo Navia, me hizo notar la misma produccion obtenida por Desell: poniendo en contacto una disolucion acuosa de silicato de potasa, cal y magnesia cáusticas y ácido carbónico, se forman á la vez serpentina y caliza.

La esquista guanajuatense pasa á una serpentina conocidamente ferruginosa y propensa á la descomposicion, por la peroxidacion del hierro que se aisla, en manchas de lustre metálico. Un poco arroyo arriba de la poblacion de Santa Ana, hácia la Calera, sitio llamado los Álamos, se encuentran masas montañosas de diorita y sienita labradas de vetillas de serpentina ferruginosa en descomposicion, en parte deslavadas, y por consiguiente los trozos de roca han quedado resquebrajados, sin la argamasa que los unia, y descansando los unos sobre los otros por la simple gravedad.

En el terrero de la mina abandonada de Santa Anita, en el Puerto de Santa Ana, se encuentra la serpentina en abundancia, procedente del interior, y allí pude reconocer la accion que el metamorfismo filoniano ejerce sobre ella, trasformándola en una especie de esteatita que los mineros llaman "Jaboncillo," de colores verdes y tintes claros.

## II. Vácia Gris.

En los alrededores de las minas de la Luz, se encuentra, en el exterior y en el interior, una verdadera vácia gris [grauwaeke][2] de un color verde, más ó ménos amarillento, tirando al pardo, que se rompe en fragmentos poliédricos muy irregulares, cuyas caras, correspondientes á otros tantos resquebrajamientos, tienen un color pardo más ó ménos oscuro. Su masa, compacta granuda, se presenta generalmente homogénea, pero á veces se perciben con más ó ménos trabajo, fragmentos de cuarzo, de piedra córnea y

1 *A. Syslem of Mineralogy, by James Dwigh Dana.* New-York, 1870, página 69.

2 El equivalente castellano de esta palabra alemana es *traumata*, segun el traductor del *Ensayo político sobre Nueva España.* Paris, 1827, tomo 5º, página 31.

de rocas feldespáticas, y tal cual vez granos lustrosos semejantes á cristalillos de feldespato. El color verdoso del cimento da á esta roca una gran semejanza con ciertas especies de *roca verde*, de grano muy fino, á la cual declina en efecto para pasar á diorita, con la cual se encuentra en relacion.

Asoma la vácia al exterior en la mayor parte de las montañas cercanas á la Luz y al Puertecito. Cerca de este último grupo de minas, se observan claramente capas de esta roca con 15 ó 20 centímetros de grueso, considerablemente resistente por la diorificacion á la cual quedó sujeta.

La alteracion de la vácia y la esquista y sus transiciones mútuas, se reconocen bien en el interior de las minas de la Luz, en las excavaciones fuera de la veta, en donde se presentan, ó la vácia gris y una esquista más ó ménos foliadas (esquista verde puerro, algo untuosa, de escaso lustre de seda, y muy semejante con la variedad del mismo color de las regiones de la Veta Madre) ó bien una diorita franca, á veces más ó ménos descompuesta, declinando á esquista ó á vácia.

Al cavar el tiro vertical de San Juan de Dios, en la mina de la Luz, se encontraron las rocas alternando en la forma siguiente, partiendo del brocal. Se comenzó el labrado sobre una vácia gris, verde montaña, de grano fino, textura pizarreña muy imperfecta, y dureza de 4 á 5, que á la profundidad fué haciéndose más magnesiana, hasta los 60 metros, que pasó á ser serpentinosa, de color verdinegro, con dureza de 3 á 4, muy labrada de calcita.

A los 75 metros, la masa verde, sin cambiar de grano ni dureza, apareció con una textura pizarreña perfecta y pirita en granos muy pequeños.

A los 84 metros volvió á tomar los caracteres de la vácia, con color verde puerro, dureza de 5, labrada de vetillas de piedra córnea verdegay.

A los 100 metros, esquista talcosa verde puerro, con calcita y cuarzo en abundancia.

A los 116 metros, vácia verde montaña, concordante con la foliacion de la esquista.

A los 126 metros, alternaciones de vácia y esquista en lajas de 3 á 4 centímetros.

A los 134 metros, la masa general vino á ser caliza compac-

ta, con manchas verdes que no producen efervescencia con los ácidos.

A los 143 metros, serpentina con textura pizarreña apénas visible.

A los 160 metros, vácia y esquista alternantes.

A los 175 metros, vácia gris formando el respaldo alto de la veta, y despues dos cuerpos de veta cortados y separados por un intermedio ó *caballo* de vácia afectada por el metamorfismo filoniano.

A los 202 metros, cuerpo del bajo tocando en vácia verdosa, con pegaduras de talco-esquista.

A los 210 metros, vácia de grano fino con arcilo-esquista, y siguió despues la vácia aislada, verde de distintos tintes, de grano más ó ménos fino y cuarcificada, pues su dureza es de 7 á 8.

A los 251 metros, conglomerado formado de argamasa verde y fragmentos de piedra córnea roja, con pirita diseminada, y el todo labrado por venas de calcita. A primera vista este conglomerado se parece mucho al rojo superpuesto á la esquista.

Del exámen del corte que acabo de presentar se deduce sin violencia, que la esquista y la vácia de la Luz, que encierran bancos de serpentina y de caliza, pertenecen á las mismas rocas apizarradas que se manifiestan del bajo de la Veta Madre hácia Santa Rosa, y que envuelven tambien los mismos bancos intercalados, y descansan sobre las mismas rocas anfibólicas, hácia las cuales convergen por transiciones litológicas.

Puede deducirse además, que el conglomerado cuarzoso en el que terminó el tiro de San Juan de Dios, pertenece á girones de la roca sedimentaria preexistente, trasformada en esquista por la accion apizarrante de las emanaciones dioríticas; y avanzando en mis conjeturas diré, que los bancos de vácia los he tomado por una esquista imperfectamente foliada, tal y como se encuentran girones dispersos en medio de las masas montañosas mejor apizarradas de la serranía guanajuatense.

El socavon de San Cayetano de la Ovejera ó de las Adjuntas [por estar situado muy cerca de la reunion del arroyo de Santa Ana con el del Puertecito], con una longitud de 2,500 metros, abierto en su orígen en una roca diorítica, presenta un bello campo para el estudio del enlace de la esquista con la diorita. A 100

metros de la entrada se observa entre la diorita alterada, algunos relices serpentinosos que tambien aparecian en la frente de San Bartolo al Noroeste, y á los 150 metros de la misma entrada se define la serpentina claramente, envuelta en la masa montañosa diorítica, pues más adelante aparece la diorita con relices serpentinosos. A los 1,450 metros de la entrada, formando el alto de la veta de San Pedro, aparece la esquista gris verdosa, con textura pizarreña imperfecta, que un poco adelante toma un color más oscuro tirando al negro, y se vuelve magnesiana. Formando el respaldo de veta estéril y angosta, siguen la esquista y la diorita más ó ménos alterada, y hácia los 1,600 metros esta misma roca aparece amigdaloidea, compacta, con pequeños nódulos de color más claro de 3 ó 4 milímetros de diámetro, definidos en la roca, pero no desprendidos, sino formando una masa sin soluciones de continuidad, es decir, sin huecos. En mi concepto, este modo de presentarse procede de metamorfismos posteriores, dependientes de las acciones basálticas.

Al definirse la veta con buenos caracteres de anchura, y más adelante con frutos, las rocas que la encajonan se presentan afectadas por el metamorfismo filoniano.

La serpentina se encuentra en la Luz en distintas minas. En el alto de la veta de Melladito aparece muy impregnada de pirita de hierro.

La vácia y la esquista de la Luz ofrecen pasos litológicos hácia la fanita [*phtanite*], por la cuarcificacion de las rocas, ó hácia la felsita por su feldespatizacion, así como tambien presentan los mismos pasos las masas esquistosas de las cañadas de Rayas y de Jolula.

En la Cuesta Grande, en el camino de herradura de Guanajuato á la Luz, se atraviesan muchas fajas de vácia cuarcificada por completo, y mostrando en sus caras de fractura el dibujo más ó ménos perfecto de la foliacion, pero sin que exista ya el crucero, supuesto que la ruptura es angulosa é irregular y fuera de la direccion de las hojas anunciadas por los dibujos.

En los alrededores de estos sitios es donde les he reconocido mayor extension á estas rocas dependientes de las esquistosas, y cuarcificadas probablemente por fenómenos de impregnacion silizosos, despues del completo levantamiento de estas montañas.

Reposan sobre la diorita que asoma en las cañadas del Puertecito y de Santa Ana (atravesadas ambas reunidas en el camino de la Luz sobre el Puente de la Higuera, en cuyas inmediaciones aparece la esquista verde lindando con diorita) por un lado, y por el otro sobre la misma roca que asoma en la cañada de la mina de Puerta. Siguiendo en las regiones altas de la montaña los bancos cuarcificados, se les llega á encontrar reunidos por transiciones, á la esquista y vácia, y aun á la diorita; de modo que no abrigo duda para reunir dichos bancos á la esquista guanajuatense.

Esta misma esquista cuarcificada la he encontrado en otros varios sitios en lunares pequeños, al pié de la Cuesta de Aguadores, en el arroyo en la Cañada de Esperanza, y en las regiones del bajo de la Veta Madre, por ejemplo en la ceja de la montaña arriba de Valenciana, en donde la esquista está metamorfoseada por las acciones filonianas.

No será fuera del caso manifestar rápidamente, que las aguas termales de Comanjilla, que brotaban á una temperatura de 96° 4° en 1804, segun Humboldt; á 96° 0°, segun Burkart en 1828, y á 94° en 1884, y que sedimentan durante su estancamiento en las *calderas* (como llaman en donde el agua brotante se reune) depósitos pulverulentos de pirita de hierro y de sílice, producen fenómenos de metamorfismo notables. Yo he extraido de estas calderas fragmentos de *turmalita* (roca que se encuentra en las montañas cercanas), reconocible aún, pero trasformada en gran parte en una especie de sílex córneo, en bandas listadas como lo estaba la roca de donde provino. El metamorfismo hidrotermal tiene la tendencia de hacer desaparecer los elementos mineralógicos de la roca, y sustituirlos con la sílice; sirviendo los relices ó juntas naturales de conductos, á lo que parece, para que estas acciones penetren entre el tejido molecular.

Fragmentos de diorita he recogido que manifiestan en diferentes grados el metamorfismo cuarcificante. El primer elemento fuertemente atacado es la hornblenda, segun se deja conocer por el intenso color rojo ó pardo producido por la oxidacion del hierro. Algunos de los ejemplares, bajo esta forma oxidada, más bien expuestos á la accion de los vapores hidrotermales que á la de las aguas, y sin haber llegado la cuarcificacion á definirse, pre-

sentan el tipo de los crestones de algunas vetas de Guanajuato, Catorce y Pinos. El avance de la cuarcificacion va quitando á la roca el aspecto de diorita, hasta llegar al punto más avanzado en que he podido observar este metamorfismo, en el cual la roca ha tomado un color general blanco amarillento, con manchas y relices parduscos abundantes en hidróxido de hierro: su aspecto ha venido á ser el de una especie de pórfido de base cuarzosa, con granos de cuarzo traslúcido y aun cristalillos mal definidos que parecen de feldespato vidrioso.

El estudio detallado de los fenómenos metamórficos producidos por los manantiales hirvientes de Comanjilla, no dudo que conduciria á resultados importantes para el conocimiento de varios hechos de detalle ligados con algunos accidentes geológicos de las montañas de Guanajuato, y con algunas operaciones relacionadas con la formacion de sus vetas. Los bellos estudios hechos en Europa sobre las modificaciones é incrustaciones efectuadas por las aguas termales con temperaturas relativamente bajas, sobre los cimientos de las termas, forman un precedente para presuponer que, á una temperatura bastante más elevada, las modificaciones é inscrustaciones serán de mayor interes.

Del momento, y al manifestar lo expuesto sobre las acciones hidrotermales, es con el objeto de dar á conocer que quizá una gran parte de los accidentes cuarcificantes que se observan en las esquistas guanajuatenses, se deban en su mayor parte á fenómenos hidrotermales correspondientes al período basáltico.

## III. Caliza.

La caliza es la roca más escasamente representada en este agrupamiento, y aparece en capas continuadas ó interrumpidas de poco espesor, intercaladas entre la esquista, segun puede reconocerse claramente en la superficie y en el interior de las minas. En la cañada de Sirena, ladera que mira al Sureste, se manifiesta superficialmente la caliza con colores oscuros, asomando entre la esquista; se mira tambien al Noroeste del Puerto del Aire, en la cañada de Rayas; tambien al bajo de la cúspide culminante del hermoso creston de la Veta Madre, en gran parte comido, en las pertenencias de la mina de Fraustros; en las laderas de la cañada

de Jolula; arriba de la mina de Valenciana, sobre la meseta de la montaña hácia la Cañada de Jolula; en la cañada de Calera, y en fin, en muchos sitios en el ascenso de los contrafuertes esquistosos hácia Santa Rosa. Del interior de las minas he visto ejemplares marcados de caliza de las regiones del bajo de la Veta Madre, de Valenciana y Mellado. Estos bancos calizos son, pues, con toda claridad, intercalaciones francas en la masa general de la esquista, y como ellos han constituido, segun lo dicho, una roca más ó ménos refractaria á la accion apizarrante, estos bancos, hoy quebrados y desgarrados, si se han adaptado en su estratificacion con la foliacion posterior de la esquista, aparecen las capas calizas francas localmente como en la cantera del Estafiate (en la cañada de Sirena á San Nicolás del Monte), y aun alternando con las hojas de la esquista, como en las cercanías de la mina de Tepeyac, hácia la cumbre de Esperanza y al Norte de este sitio en la montaña; pero si no existe adaptamiento, como es el caso más general, la accion apizarrante ha ejercido su efecto sobre estas capas, fracturándolas y arrollándolas de diversos modos. .

En una época en que aun no se definia ni se separaba la foliacion de la estratificacion, y cuando se tomaban las hojas de la esquista por finas capas de sedimento, el concienzudo observador Sr. Burkart se expresaba del modo siguiente, dando á conocer la discordancia que encontraba entre los lechos de la caliza y la foliacion de la esquista:

"En el valle de Rayas aparece la esquista casi en las mismas condiciones que en el de Jolula: acá como allá, á corta distancia al Noreste de la Veta Madre, se encuentra una roca análoga (esquista, de foliacion fina y gruesa, de color verde, pardo, azulado ó negro) que al perderse es para que aparezca una roca de simple feldespato pardo, que á veces se aproxima á diorita por la presencia de la hornblenda. Las masas de caliza que se encuentran, no están coordinadas paralelamente con la esquista, pues tienen una direccion de 15° á 30° Noreste (1 á 2 horas) é inclinacion al Sureste, miéntras que la esquista tiene 45° Noroeste (9 horas) é inclinacion superficial de 25° al Noreste." [1]

1 Burkart, Aufenthalt und Reisen in Mexico, etc., tomo 1º, página 331.

En el reverso de la Sierra de Guanajuato, en las vertientes orientales que dan vista para el valle de Dolores y San Miguel de Allende, se levanta una ceja aislada de montañas con picos porfíricos caprichosos, y que forma parte de las de Guanajuato, conocida con el nombre de Cerros de San Anton de las Minas.

En una buena parte de sus declives asoma la esquista en algunos sitios, surcada por las vetas auro-argentíferas de esta localidad minera, asociada tambien con capas de caliza, que en esta region tienen su importancia industrial, porque allí se fabrica la cal viva consumida en la ciudad de Dolores y en los alrededores.

La caliza esquistosa y la calpizarra explotada en las canteras de la Cañada de Calera y en las del Estafiate, en la de Sirena á San Nicolás del Monte, regularmente tienen colores oscuros, son algo fétidas y carburadas, y con mucha frecuencia, entre la foliacion plana ó sinuosa por el apizarramiento de la esquista, que sin embargo de su resistencia la invadió, manifiesta capas de plombagina lustrosa y hasta resplandeciente, constituyendo en la caliza caras espejadas y sinuosas, ó satinadas y resplandecientes. Suele presentarse más ó ménos silizosa, y entónces se endurece, y casi siempre está labrada en diversos sentidos por venillas de calcita y con pirita de hierro finamente diseminada en su masa.

Cerca del Estafiate, en la Cañada de Rayas (vereda de la mina de Santa Anita á la de Flores de María) y en la Cañada de Jolula, se presentan las capas de caliza arrolladas, y con este motivo, los fragmentos que se arrancan de esta roca suelen tener un aspecto leñiforme por el tosco estriamiento originado por la combinacion de los cruceros sedimentarios y de apizarramiento.

Con motivo de la presencia de la grafita en estos girones calcáreos, puedo recordar las importantes observaciones del Sr. Bischof, que hace suyas M. Daubrée, sobre que no puede admitirse una temperatura demasiado elevada en ciertas operaciones de metamorfismo, supuesto que la caliza y la grafita entrarian en reacciones mútuas, que darian por resultado una produccion al ménos parcial de hierro metálico.[1]

Al bajo de la veta de San Bernabé, socavon del mismo nombre, en las minas de la Luz, se encuentra una esquista negra muy gra-

1 *Etudes Synthétiques de Géologie Experimentale.*—Paris, 1879.—Pág. 147.

fitosa y ramaleada de carbonato de cal, que viene á establecer la transicion entre la arcilo-esquista y la cal-esquista.

Entre la vácia y la esquista de la Luz, se encuentran tambien bancos de caliza, segun lo dejé expresado al presentar el corte petrográfico de las rocas atravesadas por el tiro de San Juan de Dios.

No es, pues, posible dudar que la caliza, aunque escasamente representada, es uno de los elementos litológicos intercalado en bancos en la gran masa de la esquista guanajuatense.

## IV. Diorita.

Existen en las montañas guanajuatenses unas rocas de textura granitoide bien definida, de base feldespática y granos de hornblenda ferruginosa; á cuyos elementos frecuentemente se reune el cuarzo. Semejantes rocas, que aparecen en las regiones al Este de la mina de Valenciana, fueron clasificadas como diorita la exenta de cuarzo, y como sienita la que lo encierra, por los Sres. Humboldt [1] y Burkart. [2]

Algunas pruebas que he ejecutado, me inducen á creer que las masas de colores verdes que se presentan en la region citada y en las demas en que aparecen con caracteres francos y sin indicios de metamorfismos posteriores, están constituidas por una verdadera diorita formada de andesina y hornblenda. No lo afirmo de una manera absoluta, porque no he podido efectuar el estudio microscópico, con el que desde luego se distingue la ortoclasia de los demas feldespatos, con caracteres de una exactitud irreprochable; pero debo, sin embargo, observar, que en el socavon de San Cayetano, mencionado ántes y abierto en un gran trayecto en esta roca, aparecen eflorescencias salinas de carbonato de sosa, confirmando esto mi opinion de que la roca está formada por feldespato más ó ménos sódico ;y en consecuencia debo, miéntras no se

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, traduccion castellana. Paris.—1827. Tomo 3º, página 80.

2 *Aufenthalt und Reisen in Mexico.*—Stuttgart.—1836.—Tomo 1º, pág. 332.

demuestre otra cosa, clasificarla como diorita de la variedad llamada *propilita.*[1]

Siendo la más antigua de las rocas pirógenas de esta region, con mucha frecuencia se la encuentra fisurada, y más ó ménos afectada por los metamorfismos de las emanaciones posteriores.

De aquí proviene que para reconocerla en cuanto es posible fuera de estas afectaciones, sea preciso recorrer en varias direcciones los sitios en donde asoma, y escoger para su exámen los girones que hayan escapado mejor á estos metamorfismos subsecuentes.

En las cúspides y vertientes de las montañas en donde no está cubierta por la esquista, se presenta revestida por una capa de tierra vegetal amarillenta ó pardusca, más ó ménos cargada de óxido de hierro, bajo de la cual se encuentra una corteza de diorita atacada por los agentes atmosféricos, más ó ménos desagregada por sus fisuras naturales. Algunos decímetros de profundidad ponen á descubierto la diorita inalterada.

En los arroyos profundos, esta roca se encuentra intacta en su exterior, con un color general verde, vista de distancia; de diversos tintes y de un verde muy variable observada de cerca y en detalle. En el interior de los labrados subterráneos retirados de las vetas y de los metamorfismos posteriores, la diorita se presenta de un color general verdinegro, con especie de manchas blancas agrisadas de oligoclasia, y otras verde aceite de pistacia, como en el socavon de Guadalupe de la Higuera, un poco arroyo arriba del Puente del mismo nombre de la Higuera, en el camino de Guanajuato á la Luz, socavon que penetra en la diorita del Cerro de la Aldana.

El elemento dominante de esta roca es la hornblenda, que se individualiza frecuentemente bajo la forma de masas cristalinas adheridas las unas á las otras, de colores desde el verdinegro, que es el predominante, hasta el gris verdoso, pasando por el verde celedon, puerro y aceituna, con sus cruceros característicos, y aun apareciendo, por excepcion, cristales bien definidos, como en

1 Véase *De Lapparent*, *Traité de Géologie*, pág. 589. El estudio microscópico de esta diorita, dará á conocer si es una verdadera *Andesita* del mismo autor, ó sea el eslabon de enlace de las dioritas á las traquitas, como es muy probable, atendiendo á la época de orígen de esta roca.

la falda Noroeste del Cerro de los Locos, cerca de la poblacion de la Luz. Sobre la masa verde oscura de la roca, se presentan diversos cristales brillantes de hornblenda, de medio á un centímetro, que dan á la diorita la forma pórfida.

El exámen microscópico parece denunciar que los cristales y grandes fajas de hornblenda son de primera consolidacion, y la andesina, escasamente representada, llena los huecos del tejido hornbléndico.

En donde llega á aislarse el feldespato, se le observa en pequeñas masas de textura cristalina, que no se individualizan terminantemente por lo general.

Dispersos en la masa de la roca, aparecen granos cristalinos de pirita de hierro y de hierro espejado ú oligista, más ó ménos titanífero, que obran sobre la aguja imantada. El cuarzo, que en hilos y venas labra esa masa, parece posterior á su formacion, y por consiguiente la roca manifiesta ser dásica.

No solamente la serpentina guanajuatense ejerce accion sobre la aguja magnética, sino tambien la diorita, de una manera marcada, en tanto que la sienita apénas ejerce alguna atraccion.

## V. Sienita.

Estando ya consolidada la diorita, fué sujeta á movimientos que la fracturaron en diversas direcciones, y en algunos sitios estableciendo una especie de laminacion seudoregular ó de grandes lajas, entre cuyas comisuras aparece otra roca de posterior consolidacion, íntimamente ligada á la diorita, pero de caracteres algo diversos. Su masa general es más bien feldespática, petrosilizosa, con cristales individualizados que parecen de ortosa, y la hornblenda, que no siempre encierra, está notablemente descompuesta: presenta además granos de cuarzo cristalinos ó arriñonados y sin lustre exteriormente. La escasez de la hornblenda hace que su color sea más claro que el de la diorita, de la cual se distingue en el cauce de los arroyos á golpe de vista, por el color. Esta roca fué descrita por Humboldt[1] y Burkart,[2] como sienita,

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, tomo 3º, página 80.
2 *Aufenthalt und Reisen in Mexico*, tomo 1º, página 332.

y ambos observadores se fijaron en los bancos alternativos que presentan ésta y la diorita. "Estos mantos—dice el primero—no tienen comunmente sino cuatro ó cinco decímetros de espesor, y están inclinados á grupos unas veces hácia el Noreste, otras al Oeste, y siempre en ángulos de 50 á 60 grados. Caminando de Valenciana á Ovejera, pueden contarse muchos miles de estos bancos de diorita, alternados con una sienita en la cual es á veces más abundante el cuarzo que el feldespato y la hornblenda. Se encuentran en ella vetas de diorita, y en los mantos de ésta, abras llenas de sienita."

En efecto, al primer golpe de vista parece el todo una formacion contemporánea, segun lo manifestado por Humboldt, y se hace preciso efectuar algunas observaciones de detalle para reconocer la posterioridad de la sienita que, rigurosamente hablando, me parece más bien una diorita pobre de hornblenda y rica de cuarzo. Las emanaciones engendradoras de la sienita, conocidamente han atacado á la hornblenda, que se presenta en ella descompuesta, y aun llega á desaparecer casi, apareciendo entónces la roca como un verdadero pórfido de base feldespática, ó sea pórfido surítico (en la Cañada de Esperanza, bajada de Valenciana hácia Santa Ana y en el arroyo de la Calera arriba del rancho de Los Llanos), de color gris ceniciento y de humo, engastando escasos y pequeños cristales, probablemente de oligoclasia y de adularia, y además, granos vítreos de cuarzo. Con el auxilio de la lente se pueden definir entre la masa general algunos vestigios de hornblenda.

Burkart menciona todas estas rocas, que observó en lo que designa con el nombre de Cañada de San Miguel, y que es más conocida hoy con el nombre de Cañada de Esperanza, y expresa que el pórfido lo encontró resquebrajado y en fajas irregulares. Además, hizo observar que la sienita le parecia posterior á la diorita, supuesto que aquella encierra en su masa, de color más claro, fragmentos agudos de diorita, y además se insinúa entre las grietas y comisuras de ésta.

A la primera ojeada en detalle de este conjunto, se observará en la sienita de un color claro, de textura granitoide, la presencia de fragmentos agudos de diorita, á veces afectando figuras esquinadas regulares de color verde oscuro, que se destacan marcada-

mente en las superficies pulidas de los arroyos. Estas franjas claras quedan encerradas por las oscuras de los intermedios de diorita. Las piedras de arrastre (voladoras) empleadas en la poblacion de Santa Ana y extraidas de estas montañas, presentan á veces por su cara gastada y pulida por rozamiento, bellos ejemplos de fragmentos de diorita encerrados en la sienita.

No es posible dudar que la diorita sea la más antigua, porque suelen ser las vetillas de la sienita muy angostas, y entónces se presentan de una manera muy franca, sin dar motivo á duda; y cuando toman algun ensanchamiento, los cristales se manifiestan alineados en la direccion del recuesto de la vetilla, muy visiblemente por su color oscuro los de hornblenda, como si hubieran sido obligados á ello por una corriente, como ha debido ser el caso en estas grietas angostas en la época de las emanaciones que las llenaron.

Vista la sienita con cuidado á la lente, se reconoce la poca homogeneidad de su tejido, que parece formado por la consolidacion de elementos en diversos períodos.

El desarrollo del conjunto de la formacion diorítica, siendo obra de un intervalo más ó ménos largo, se comprende que durante todo él, la esquista ha estado sujeta á los variados fenómenos de este período.

Ni uno ni otro de los observadores nombrados cita unas vetillas de pistacia asociadas frecuentemente de anfibolita, que atraviesan la masa de las dos rocas descritas, como acontecimiento posterior á la formacion de ambas; y todavía como posterior á esto, aparecen otras fajillas de amfibolita compacta serpentinosa, que dislocan á las de pistacia.

En las cercanías de la poblacion de Santa Ana, especialmente en un sitio hácia el Noroeste, llamado "Los Álamos," se pueden estudiar cómodamente estas particularidades. Desconfiando de que algunos de estos fenómenes de detalle pudieran provenir de resquebrajamientos más recientes, y por consiguiente de otro período geológico, me ha sido preciso comprobar, que de las rocas citadas, con sus accidentes de detalle, existen fragmentos incrustados en el conglomerado rojo, que es la roca sedimentaria inmediatamente posterior á la formacion anfibólica, depositada por consiguiente cuando las emanaciones dioríticas habian con-

cluido. He formado, pues, una coleccion de ejemplares tomados del conglomerado, que corresponden á los arrancados directamente del macizo, y con lo cual se demuestra la anterioridad de los fenómenos ligados al dioritismo.

La coleccion de fragmentos del conglomerado es más variada en tipos pórfidos propiamente dichos, y en transiciones á esquista dependientes de la diorita, que la que yo he podido formar de estos mismos tipos, tomados del macizo de la formacion, supuesto que al sedimentarse la roca fragmentaria, concurrieron ejemplares de todos los tipos de metamorfismo, desde los más avanzados hasta los incipientes, y desde los correspondientes á las rocas en toda su integridad de composicion, hasta aquellos en parte atacados por los agentes seculares que modifican dichas rocas.

La pistacia de las vetillas que atraviesan la formacion diorítica, se presenta más bien como una roca epidótica, que no bajo la forma de la especie mineralógica, que sin embargo suele aparecer con sus caracteres específicos en cristales radiados finos entre las comisuras de la masa, y formados como por exudacion. La epídota acompaña con mucha frecuencia á las rocas anfibólicas, y en nuestro caso, quizá sea originada por el agua sobrecalentada obrando sobre la hornblenda, de la cual ha separado la magnesia, cuya base he hecho observar ántes que se encuentra fijada por arrastramientos acuosos en la arcilla-esquista, bajo las formas talcosas, cloríticas y serpentinosas, todos compuestos magnesianos hidratados. Esta presuncion parece confirmarse tambien, porque en la hornblenda ferruginosa (á cuya especie pertenece la de esta diorita) mucha parte del hierro se encuentra en estado de prottóxido, que en las reacciones posteriores pasa á sesquióxido, tal y como se encuentra en la epídota.

La serpentina, que entre la esquista se encuentra en grandes masas, aparece tambien entre la formacion diorítica, bien sea formando transiciones hácia ella, ó bien entre sus numerosas comisuras, y como el último episodio de detalle del dioritismo.

Llamaré tambien la atencion sobre un hecho bien expresivo, y es, que uno de los fenómenos mismos procedentes del período diorítico, produjo en la roca típica, ó sea la diorita, un cambio tal, que la hizo pasar á un pórfido de base petrosilizosa en la cual se desarrollaron cristales definidos de feldespato. A esta observacion,

aparte de su interes local, le encuentro el general para el país, de explicar la presencia de los pórfidos dioríticos en unas regiones, y en otras la de los pórfidos euríticos, sin la aparicion franca de las rocas anfibólicas correspondientes al mismo período geológico.

Granito.—Fuera del grupo de montañas que he designado con el nombre de guanajuatense, pero lindando con él, aparece una roca granítica que me propuse examinar rápidamente, para tomar una idea de sus relaciones con las rocas ya descritas. Asoma en las pequeñas arrugas del terreno, al pié de las vertientes del Oeste del Cerro del Cubilete, cerca del rancho de Pabileros. La formacion granítica aparece denunciada por la dispersion en el terreno de fragmentos de leptinita con chorlo ó turmalina ferrífera. Pero donde aparece formando montañas francas, es en el encortinado que se presenta al Norte de los baños termales de Comanjilla.

Penetrando á él por la Cañada del Agua Buena, se encuentra la formacion granitica descubierta, denunciada desde luego por los acarreos superficiales. De esta Cañada para el Este, avanzando por un arroyo llamado de las Piedras Azules, y ascendiendo á la montaña, se llega al lindero oriental del granito, apoyado sobre una roca metamórfica difícil de reconocer á golpe de vista, de base petrosilizosa, con aspecto de piedra córnea, labrada de venillas abundantes negras, que parecen de chorlo, en cristalillos apénas discernibles á la lente.

Esta roca y el granito están separados por un plano con una direccion de 80° Noroeste, con 70° de inclinacion al Suroeste, ó sea hácia el rumbo para el cual sigue el granito. El primer banco, de algunos decímetros, que se apoya segun este plano, sobre la roca metamórfica, lo forma una granulita compacta que aparece en lajas blancas más ó ménos pulidas, paralelas á dicho plano, de grano fino, abundante en feldespato y cuarzo, y escasa en mica negra y en cristalillos brillantes de chorlo. Sobre estos bancos, producto probable de un *endomorfismo* de la roca preexistente sobre el granito,[1] se ven otros de algunos centímetros de una verdadera leptinita compuesta de una masa feldespática blanca, compacta, granuda, entre la cual suelen verse algunos cristalillos que

1 *Lapparent. Traité de Géologie.*—Paris, 1883, pág. 1118.

parecen de adularia, y dispersos en la masa granos agrisados, de medio centímetro, de cuarzo vítreo y calcedonioso.

Sobre estas lajas asienta la masa general del granito porfiroide, compuesto de cristales blancos de ortosa de dos á tres centímetros de largo, asociados con otros tambien blancos de oligoclasia. El cuarzo en lo general, blanco ó agrisado, aparece en granos, pero suelen verse cristales imperfectos. La mica negra pardusca es el elemento más escaso y en más pequeños granos, que apénas si exceden de unos cuantos milímetros de diámetro. La masa compacta feldespático-cuarcífera suele estar teñida de amarillo tirando á pardo, y entónces domina en la roca el color amarillento.

La roca metamórfica sobre la cual se apoya el granito, irreconocible á primera vista, y que aisladamente podria clasificarse como una turmalita compacta (Hyalotourmalite de Daubrée ó Schorlfelds, de los alemanes), está ligada de tal modo á las montañas de diorita, que no puede negarse que esta especie de turmalita fué producida por el metamorfismo granítico sobre la citada diorita. Un exámen atento de la region deja sospechar que la hornblenda ha sido trasmutada en chorlo, y que la masa feldespática ha sido enriquecida en siliza por una especie de imbibicion. Además, la estructura general de la diorita en estas regiones, con sus cruceros peculiares que dan ocasion á que se rompa en fragmentos poliédricos angulosos, con sus cuerdas de pistacia y venillas de anfibolita, con todos estos detalles se encuentra trasmutada la masa en la nueva roca.

He deducido de aquí que este granito es posterior á la diorita, pero no he podido recoger datos que demuestren el período que ha trascurrido entre la emision de la una y la salida del otro.

En las cercanías del caserío de Harperos, al Noroeste de la Luz, en el cerro llamado Loma Larga, al Oeste del cerro esquisto-diorítico de la Calera, aparece el granito de un color general pardo de ocre, muy descompuesto en su masa; de modo que, á la mano, se pueden desprender de entre la roca, desagregada, cristales bipiramidales de cuarzo, con las caras del prisma apénas representadas, y cristales gemelos en parte corroidos, de feldespato, de dos ó tres centímetros, con una figura por el estilo del macle de Carlsbad. La mica negra tambien es escasa en este gra-

nito, que se encuentra en el mismo grupo de montañas que el descrito anteriormente, pero á una distancia horizontal de 6 á 8 kilómetros. En algunos girones se le encuentra compacto y bien definido, y entónces se presenta con un tipo de pórfido ambiguo, con abundantes cristales de ortosa en descomposicion y otros blancos con lustre de nácar, y algunos pequeños y aun grandes notablemente vidriosos, hendidos y resquebrajados como la variedad llamada sanidina. El cuarzo persiste en cristales bipiramidales de esquinas y aristas romas, como si hubieran sufrido la accion de algun disolvente, que además los dejó sin lustre: en el interior, su superficie de fractura es lustrosa, con lustre de vidrio é iridescente en pequeños sitios. La mica casi desaparece, y en su lugar se encuentran pequeños granos de hornblenda.

En este estado de la roca, habria dificultad para clasificarla sin las observaciones del terreno, supuesta la ambigüedad de los caracteres que la inclinan á la traquita.

Puédese tomar como una liparita[1] del tipo granitoide, correspondiente á los granitos de la Isla de Elba y de Algeria, entre cuyo cortejo de acompañantes figura tambien la turmalina, siendo los caracteres muy análogos á la roca de Harperos,[2] y estableciendo una especie de enlace entre las rocas graníticas antiguas y las traquíticas.

La comparacion de los ejemplares granitoides de la Isla de Elba con los de la roca aquí descrita, justifica esta clasificacion.

El color amarillento del granito descrito primero es ocasionado por un principio de descomposicion, que en el último está ya enteramente declarada, llegando el color al pardo por la abundancia del hidróxido de hierro, producto de la descomposicion.

Sobre la esquista inmediata ha ejercido una influencia metamórfica cuarcificante muy marcada, el granito de Harperos.

Observando el engrane de las rocas dioríticas y graníticas, y

1 M. J. Roth designa con este nombre las rocas ígneas modernas más ácidas, sea cual fuere su composicion mineralógica y su textura, siempre que la sílice abunde suficientemente para individualizarse de alguna manera. Dos especies asociadas caracterizan esta familia de rocas, el cuarzo y la ortoclasia vidriosa ó sanidina.

2 Véase *A. de Lepparent*, *Traité de Géologie*.—Paris, 1883.—Páginas 575 y 1152.

su coronacion paralela por las formaciones posteriores, se llega á la conclusion de que ambas están ligadas en su edad relativa, por pertenecer próximamente al mismo período dinámico-geológico; siendo, sin embargo, en estas localidades anterior la consolidacion de la diorita.

Esta formacion de granito que linda con el grupo de montañas guanajuatenses, se hace notable por desarrollarse hácia el Oeste y encerrar las vetas argentíferas del Distrito de Comanja, á 65 ó 70 kilómetros de la ciudad de Guanajuato. Este granito aparece, como el de Comanjilla, formando montañas de poca elevacion, que por su parte baja se ocultan bajo las rocas más recientes, que á su vez se sumergen en las llanuras, y por su parte superior está cubierto por el pórfido que se levanta á alturas majestuosas y dominantes en la llamada Sierra de Comanja.

El Sr. Burkart,[1] que reconoció este granito de Comanja, contemporáneo del que he descrito, y quizá ligado superficialmente sin solucion de continuidad con el de Comanjilla y la Tlachiquera, hace observar que la roca á veces declina á pórfido, y cerca de la mina de Guardarey, cinco kilómetros al Noreste del pueblo de Comanja, está cubierto el granito por una roca córnea [*hornfels*], tal como se encuentra cerca de Oberhütte en Goslar, en el Harz; difícil de reconocer sus elementos de feldespato, cuarzo y chorlo, mezclados en la misma forma que en la roca que he descrito, metamorfoseada por el granito; pero en la de Comanja, Burkart encontró granates aislados, y roca de granate granuda en hilos angostos. Es muy probable que estos elementos se encuentren tambien en las regiones limítrofes al granito de Comanjilla, Harperos, etc. Tambien el Sr. Burkart observó que esta turmalita se encuentra como banda de union entre el granito y la esquista de Comanja; esquista relacionada con la misma diorita guanajuatense, segun observaciones de Burkart.

El Sr. Arenas anota la posterioridad de este granito de Comanja respecto de la esquista de Guanajuato.[2]

Despues de los interesantes estudios de M. Rosenbusch[3] sobre

1 *Aufenthalt und Reisen in Mexico.*—Stuttgart, 1836.—Tomo 1º, página 365.

2 *Anales Mexicanos.*—México, 1860.—Página 318.

3 En *A. de Lapparent.—Géologie.*—Paris, 1883.—Página 1127.

las aureolas metamórficas producidas por el granito de los Vosges sobre las esquistas del Valle de Andlau, queda bien explicada en nuestras regiones la presencia de una zona de roca córnea [*hornfels*], como las ya descritas; zona metamórfica que aparece tambien con el granito en Sajonia, Erzgebirge, Cumberland, Cornwall, etc.

La formacion diorito-granítica en el territorio mexicano, tiene un desarrollo considerable en las bajas regiones cuyos declives van á perderse en las aguas del Pacífico, y asoma con frecuencia sobre la Mesa Central, en aquellos sitios que fueron los culminantes de los grupos montañosos que formó, y que hoy aparecen cubiertos por depósitos posteriores.

## FORMACION CONGLOMERADO-PÓRFIDA.

Así como de la esquista se pasa á la diorita, y vice versa, por transiciones variadas, de una manera análoga aparecen en Guanajuato conglomerados, que insensiblemente van cambiando á pórfido, y vice versa; y si bien aquí como entre la esquista y la diorita está perfectamente definido el órden cronológico de los acontecimientos; supuesto que precedió el depósito de los conglomerados durante un período de reposo de las acciones ígneas, y posteriormente sobrevino su metamorfismo; encuentro, sin embargo, en el terreno de tal manera enlazados los pórfidos con los depósitos sedimentarios, que creo deber, en mi narracion, dejar unido lo que en la naturaleza se encuentra asociado, y tal como aparece á la vista de quien lo examine.

Los viajeros más notables que han visitado Guanajuato se han encontrado perplejos al reconocer esta formacion. El Sr. Burkart[1] dice en ella: "Al Norte, Noreste y Este de Guanajuato, el conglomerado rojo está cubierto por formaciones de tan singular carácter, como pocas he visto hasta ahora. Concordando por un lado con el conglomerado y por el otro con el pórfido, muestran estas formaciones frecuentemente los caracteres de ambas transiciones, aproximándose presto al uno, presto al otro, y casi no se halla nombre á propósito entre los usados, que pudiera mar-

1 *Aufenthalt und Reisen in Mexico.*—Tomo 1º, página 343.

car bien estas formaciones. *Losero* la llaman en Guanajuato, y como solamente en Zacatecas las he encontrado con su carácter sumario total, me serviré miéntras de este nombre." En un párrafo adelante agrega: "El *losero* está sobrepuesto inmediatamente al conglomerado rojo, y alcanza en algunos puntos un espesor de más de 1,000 piés del Rhin (313 metros). En las capas inferiores tiene carácter de conglomerado; en las superiores, más bien de pórfido."

Algunos años ántes habia dicho el Sr. Humboldt:[1] "El *losero* me parece una formacion de arenisca sobrepuesta y aun tal vez intercalada en la arenisca roja (así llamó al conglomerado rojo); y si el antiguo continente no nos presenta una roca del todo semejante, á lo ménos vemos el primer gérmen de este género de estructura seudo-porfirítica en los bancos de arenisca, con cristales de feldespato quebrados ó intactos, que algunas veces engasta la gran formacion de arenisca roja del Mansfeld y del Turingerwald. Todos estos fenómenos parece que confirman la hipótesis de un gran geólogo (Leopoldo de Buch), que pretende que la arenisca roja es producida por el alzamiento de los pórfidos mismos."

Para bosquejar esta formacion, me ocuparé desde luego del conglomerado como roca sedimentaria, dejando para despues lo relativo á los pórfidos y á sus transiciones.

## CONGLOMERADOS.

Descansando sobre la esquista, la diorita y la sienita, se encuentra una poderosa masa de conglomerados, que encajonan la cañada que da asiento á la ciudad, y que se destacan muy marcadamente á la vista en sus estratos inferiores, cuando desde un punto culminante, inmediato á la poblacion, se dirige una ojeada á las montañas, cuyos declives más bajos circunscriben dicha cañada. Las capas inferiores del conglomerado se manifiestan en su conjunto general con un color rojo cereza, contrastando con el pardo amarillento de la formacion esquisto-diorítica, y con el gris

1 *Ensayo político sobre Nueva España*, traduccion castellana.—Paris, 1827. —Tomo 3º, página 78.

de diversos tonos de las capas superpuestas del mismo conglomerado, que coronan las más elevadas montañas de la cañada, bajo la forma pórfida de peñones aislados y caprichosos ó de cejas cortadas á pico.

Asoma sobre la carretera de Irapuato este conglomerado desde las llanuras de Burras y de Cuevas, en donde las suaves ondulaciones del terreno forman promontorios desnudos de los depósitos cuaternarios, que constituyen el suelo general de estas llanuras. Por la carretera de Silao se encuentra el mismo conglomerado en las lomas de Santa Teresa.

La Cañada de Marfil, que constituye la única via practicable para penetrar á la ciudad, bien sea en carruaje ó por ferrocarril, está limitada hácia ambos lados por el conglomerado rojo franco, que se extiende por el Noroeste hasta dejar visible su sobreposicion clara á la esquista y la diorita, cuyas rocas forman las montañas más elevadas que se presentan á la vista, y que se extienden desde la célebre mina de Valenciana hasta las caprichosas cejas de los Picachos, pasando por el Cerro Gordo de la Aldana, Cerro de Buenos Aires y Cerro Bayo, cuyos declives inferiores, en forma de montañas deprimidas y dominadas, están cubiertos por el conglomerado rojo.

Por el Sureste de la Cañada de Marfil se levanta esta roca en montañas de cimas arredondadas, que, ó aparecen sin ninguna cubierta, ó se las encuentra coronadas por los bizarros peñascos pórfidos llamados "Bufas," que desde luego llaman la atencion del viajero desde ántes de entrar á la Cañada, pues se le presentan á lo léjos elevados 600 metros sobre las llanuras del Bajío y 500 sobre la embocadura de dicha Cañada.

En el Valle mismo de Guanajuato y en sus tributarios múltiples, el conglomerado franco está limitado de dos maneras: Primera. En la region de la Veta Madre, desde Valencia hasta el Cerro de Chichíndaro, pasando por las minas más notables de esta comarca, el *alto*, ó sea el límite Suroeste de este célebre criadero, lo forma el conglomerado, casi invariablemente; siendo de advertir que el *bajo* lo constituye la formacion esquisto-diorítica. Puede pues decirse con propiedad, que el límite del conglomerado lo demarca el curso de la Veta Madre en esta region, lo cual equivale á dar á conocer que el curso de la Veta en este trayecto

fué demarcado próximamente siguiendo el encuentro de ambas rocas. Segunda. Desde Chichíndaro, girando por el caballete acodado de montañas que se dirige para Calderones, y de allí hácia las Bufas, el conglomerado se destaca más ó ménos claro, pasando á pórfido; pero descendiendo un poco por los declives de la sinuosa línea citada, aparece en los afluentes de las Cañadas de Sirena y de la Olla, con su aspecto característico y su color rojo. El bosquejo geológico adjunto dará á conocer, aproximadamente, la posicion de una franja algo interrumpida, de Norte á Sur, del mismo conglomerado, situada entre las minas de San Nicolás del Monte y la Mesa de Cardones, abarcando la falda Este del Cerro de Chichíndaro.

Ascendiendo de las llanuras para Guanajuato, el conglomerado se presenta rojo exteriormente por el color del cimento, en capas claramente demarcadas, que suelen variar de espesor desde un decímetro hasta un metro, y rara vez más. La argamasa es por lo general arcilo-ferruginosa, pero suele pasar á la arcilo-feldespática, engastando sólidamente fragmentos unas veces agudos y otras de esquinas romas de rocas duras. En las capas inferiores y aun en las médias, suelen encontrarse fragmentos hasta de un metro cúbico; pero por lo general no pasan de unos cuantos centímetros en sus tres dimensiones. Algunas veces dichos fragmentos aparecen tan pequeños, que pasa la roca á ser una verdadera arenisca. Regularmente cada capa presenta caracteres constantes de coloracion, de tamaño y naturaleza de los fragmentos.

El exámen general de estos depósitos detríticos deja conocer cinco hiladas muy fáciles de distinguir por su aspecto litológico. La primera, comenzando por la parte inferior, es la que surge de debajo de las capas cuaternarias de la llanura, y por consiguiente no está visible en toda su potencia. La segunda está formada por una serie de capas de una especie de losero, de seis ú ocho metros de espesor, que afloran casi en la llanura, muy visible entre el rancho de la Yerba Buena y Rancho Seco. Este losero lo he encontrado demasiado variable en sus caracteres, y quizá por esto no se le ha dado importancia industrial, y actualmente poco ó nada se le explota.[1]

1 Ni Humboldt ni Burkart citan estas capas, cuyos afloramientos están visibles en la falda Sur de las Bufas, cerca de la carretera de Guanajuato pa-

La tercera es el conglomerado de cimento rojo en el exterior, amarillo ó verde claro en el interior, que forma los estribos montañosos laterales de la Cañada de Marfil. La cuarta hilada está constituida por el *losero* propiamente dicho, que es una arenisca de cimento arcilo-feldespático, generalmente de color verde manzana, divisible en lajas y sillares por sus caras de estratificacion (de donde le viene su nombre), de poco interes geológico si se atiende á su espesor, que no pasa de unos cuantos metros; pero de notable importancia industrial, por el bello material de construccion extraido de sus capas, que tan peculiar elegancia presta á los edificios guanajuatenses artísticamente construidos. Forma la quinta hilada un conglomerado confuso de color general amarillento ó verdoso, mucho más desarrollado que el losero, y es el que corona toda la formacion fragmentaria. Entre los ingenieros guanajuatenses, esta quinta hilada es conocida con el nombre de "depósitos superiores del losero," y ella es la que con más frecuencia pasa á seudo-pórfido por variadas y á veces bien reconocibles transiciones.

El losero y sus depósitos superiores, al conjunto de los cuales llamaré *arenisca verde*, fueron descritos por los Sres. Humboldt y Burkart con el nombre genérico de *losero*.

Estas series de capas sobrepuestas, hasta llegar á los depósitos superiores del losero, se encuentran en estratificacion, que me ha parecido trasgresiva; y así por esta circunstancia, cuanto por el fuerte espesor de todo su conjunto, que en su parte total visible no puedo estimar en ménos de 1,500 metros, he creido que en ellas están representados varios pisos, separados tambien en otros países por movimientos parciales del suelo.

El cimento de los conglomerados inferiores se presenta en su estado natural, sin afectaciones metamórficas, de un color rojo superficialmente; pero color que no penetra sino algunos centímetros, pues en el interior domina el verde claro ó el amarillento, que expuestos á los agentes atmosféricos, se cambian en rojizos.

La estratificacion de esta roca es clara, y rara vez se pierden los contralechos ó caras de union de las diversas capas. Cada una

ra San Miguel de Allende, y pasa al otro lado de la Cañada de Marfil, cerca del Puente de Santa Ana, en la carretera de Silao.

de éstas, en su tipo regularizado más comun, tomada en detalle, parece que ha tenido tres períodos de formacion: el primero, de depósitos muy finos; el segundo, de cantos que de una capa á otra varian de dimensiones, pero que en una misma son bastante iguales, como si hubieran estado sujetos á una clasificacion; y por último, cubriendo á las anteriores y completando la capa (separable de las otras que la encierran por sus planos extremos que la demarcan), se encuentra una tercera faja de sedimento fino.

En algunas capas, en la Cañada de Marfil, los fragmentos son muy finos, y entónces se presenta la roca como una arenisca cuarzosa, alternando varias veces con un conglomerado más grueso. En otros sitios, como en la Cañada de Jolula, el cimento predomina, y la roca se convierte en una arcilolita, y en otros se presenta bajo la forma de bancos intercalados muy quebradizos, de un color verde amarillento, semejante á la vácia gris.

Conviene advertir que el conglomerado está surcado por diques basálticos, que, ó asoman francamente, ó sin llegar al exterior, su presencia se revela por el color amarillento que toma el conglomerado, cuya roca pierde entónces hasta su naturaleza, porque los fragmentos desaparecen, la masa se homogeniza, y el todo se presenta ya como una especie de vácia gris, reconocible por sus transiciones á conglomerado, y por su proximidad á las grietas de metamorfismo.

Entre los fragmentos engastados se distinguen perfectamente la diorita, sienita, los pórfidos petrosilizosos,[1] derivados de la sienita (entre los cuales figuran fragmentos con mica negra), esquista, cuarzo comun aislado, silex córneo [*hornstein*], cuarzo lídico, y tal cual vez fragmentos de serpentina, caliza azul fétida, aislada y con pedernal, y frecuentemente labrada de calcita, pistacia y granito. Todas estas materias con sus caracteres comunes ó algo alteradas por una descomposicion más ó ménos marcada. La coleccion de fragmentos que representan á los pórfidos ligados con la sienita, es muy interesante, y seria de desear que se encontraran en las montañas los sitios de su procedencia; pues de allí quizá podrian extraerse sillares adecuados para el pulimento y la

1 De Fouqué y Levy, ó *felsófido* de *M. de Lapparent, Traité de Géologie.* —Paris, 1883.—Página 574.

ornamentacion, de pórfido de color oscuro, de pasta feldespática compacta astillosa fina, muy homogénea, con escasos cristales pequeños y lustrosos de feldespato, con lustre de nácar unos, y los otros con lustre de vidrio.

En las cercanías de las vetas, el conglomerado presenta alteraciones notables. Casi siempre se impregna de pirita, y á veces se le encuentra metamorfoseado, cambiado su color en blanco, sus estratos adheridos unos á otros fuertemente, y se hace más duro y homogéneo en su masa general. Suele alterarse en términos de perder su cohesion, apareciendo entónces como una roca terrosa, que á veces envuelve fragmentos ó trozos sin descomponer.

Burkart hizo notar las dislocaciones que manifiestan las capas del conglomerado.[1] Con mucha comodidad se pueden observar en el interior del socavon de la mina de Sirena, que desde luego penetra en el conglomerado rojo, y á los 138 metros de la entrada se presenta el losero, que continúa unos 20½ metros, para seguir despues los "depósitos superiores." A los 258.6 cortó una veta ó falla de blandura casi vertical, que dislocó el terreno, y por consiguiente, al otro lado de ella reapareció el losero con sus capas modificadas en direccion é inclinacion, comparadas con las cruzadas anteriormente; así es que, en esta segunda travesía, la longitud fué de 111 metros de losero, hasta reencontrar los depósitos superiores, que continuaron hasta los 515 metros de la boca, formando el alto de la veta de Santa Inés, á cuyo bajo reaparece el conglomerado rojo, demostrando otro salto fuerte entre las capas de la formacion, salto muy marcado en el ángulo obtuso formado por la Veta del Amparo y la de Santa Inés; cuyo giron de terreno correspondiente fué levantado sobre el comarcano, originando una notable dislocacion de la Veta Madre, de la cual me ocuparé en otro lugar de este escrito.

Estas dislocaciones que sufre la formacion, han constituido el obstáculo mayor para que yo me resolviera á estimar geométricamente su espesor exacto. Existen aún retiradas de las vetas en toda la region ocupada por el conglomerado.

A consecuencia de ellas la direccion é inclinacion de las capas

1 Véase el perfil geológico que presenta en su obra ya muy citada *Aufenthalt und Reisen in Mexico*, tomo 1º, lámina 6ª, figura núm. 3, y que figura con el núm. 2 en este libro.

varía mucho. Para dar una idea numérica de estos cambios, pongo á continuacion el siguiente resúmen:

| | Observacs. |
|---|---|
| Direccion Noroeste con inclinacion al Noreste..... | 47 |
| „ „ „ „ „ Suroeste..... | 5 |
| „ Noreste „ „ „ Sureste..... | 7 |
| „ „ „ „ „ Noroeste..... | 4 |
| „ Norte–Sur „ „ Este ..... | 1 |
| Sobre un total de observaciones..... | 64 |

Por consiguiente, la direccion dominante es al Noroeste, con diverso número de grados, entre los cuales se encuentran en mayoría de 40° á 50°, con una inclinacion al Noreste preponderante de 30° á 40°.

No obstante la inconstancia de rumbo de las capas, me ha parecido muy notoria la independencia de su direccion é inclinacion, relativamente á la forma de las cañadas y quiebras de la época actual.

Respecto del *losero*, ya dije que no comprendo bajo esta denominacion sino la hilada general de capas explotadas con este nombre en las canteras llamadas comunmente "loseros," por las baldosas que de allí se extraen.

Al hablar de ellos el Sr. Burkart, se expresa de la manera siguiente:[1] "Se puede observar bien la naturaleza de sus capas inferiores en la Cañada de Sirena, un poco arriba de la Hacienda de Pastita. La capa sobrepuesta al conglomerado apénas se puede distinguir de éste; y no solamente aquí, sino en muchos otros puntos de igual sobreposicion, es difícil determinar en dónde concluye el conglomerado y en dónde comienza el losero. La faja inferior de éste, sobrepuesta casi uniformemente al conglomerado, consiste, en su parte inferior, de una masa arcillosa casi pura, de un rojo oscuro, muy semejante al cimento del conglomerado, aunque de mayor consistencia, en la cual están envueltos algunos fragmentos muy pequeños, blanquecinos y gris amarillentos. En lo alto de la faja se hacen más frecuentes, esquinados y algo más

1 *Aufenthalt und Reisen in Mexico.*—Tomo 1º, página 343.

grandes estos fragmentos, entre los cuales pueden reconocerse felsita [*feldestein*] algo descompuesta, revestida de algunos granos de cuarzo y pedacitos de esquista; quedando, por lo tanto, la faja parecida aun al conglomerado: su espesor no pasa de pocas pulgadas; pero la que la sigue es más gruesa, su cimento es ménos dominante y los fragmentos conglutinados más abundantes. El color de las capas inferiores á las citadas es rojo oscuro, que en las superiores es un poco más claro. Más arriba la roca se cambia en arenisca, que deja reconocer un cimento más bien feldespático, y fragmentos engastados de felsita blanca. En algunas capas muy delgadas domina el cimento rojo oscuro, y en otras los fragmentos de feldespato blanco. Estas alteraciones dan al corte en conjunto un aspecto general listado con franjas de diversos colores y matices. En algunos de estos mantos hay con frecuencia granos de cuarzo trasparente, blanco y gris de humo, y otros carecen de ellos completamente. En algunos puntos comienza la roca á mostrar fragmentos de feldespato vidrioso, que más arriba se presentan más frecuentemente, con lo cual toma el doble carácter de pórfido y de roca fragmentaria. En varios sitios el losero se endurece, su cimento entónces es evidentemente un feldespato compacto, homogéneo, de color pardo amarillento y textura concoidea plana, que argamasa granos muy pequeños de los ya mencionados."

Conforme con lo trascrito, solamente agregaré, que entre los detritus que forman el losero, en sus capas de grano más grueso se distinguen bien á la lente pajitas verdes y negras, que parecen de hornblenda más ó ménos descompuesta.

Esta roca, que generalmente da bastante olor arcilloso, puede pues considerarse como una arenisca arcilo-feldespática, como una verdadera *arkosa*, que forma parte de la serie de los conglomerados; corroborando este aserto la presencia de otra hilada de una especie de losero, intercalada en el mismo conglomerado, pero situado mucho más abajo. (Del Rancho de la Yerba Buena á Rancho Seco y cercanías del Puente de Santa Ana, en la carretera de Silao.)

Las capas del losero explotadas son las más veces verde manzana (cuyo color probablemente es debido á la hornblenda más ó ménos descompuesta), y rojo cereza claro, pasando al pardo roji-

zo, con diversos matices del verde y el rojo, agradablemente dispuestos por las caras de sedimentacion, en venas y nubes, y en franjas desvanecidas de unos matices á otros perpendicularmente á ellas.

Los edificios construidos artísticamente con sillares de esta roca, tienen un aspecto notablemente vistoso y elegante.

La facilidad con la cual se separan losas y trozos de caras paralelas, en el sentido de la estratificacion, muy perceptible en el criadero por las listas de colores variados correspondientes á cada lecho de sedimento, hace que sea una piedra de fácil y conveniente aplicacion en las construcciones. Su textura compacta de grano á veces finísimo, y la facilidad para realzar en esta roca delgados relieves, la colocan en un lugar distinguido como material para los monumentos arquitectónicos.

El Sr. Burkart, que como ya está dicho, comprendió bajo el nombre de losero la arenisca fina y sus depósitos superiores, se dedicó á estudiar empeñosamente este grupo de capas, y continúa la narracion que ántes trascribí relativa al losero propiamente dicho, de la manera siguiente:[1] "Se sobreponen varias capas de brecha de grano grueso con base de feldespato blanco, amarillento y pardo rojizo, engastando fragmentos agudos de traquita gris compacta, cristales de feldespato y granos de cuarzo. La masa es de tal manera homogénea, que al partirla nunca se suelta un fragmento, sino que la superficie de fractura los cruza igualmente de un lado á otro. En las capas superiores se hace muy dominante el feldespato, y entónces se encuentran, como en el Cerro de la Bolita, algunas en las cuales desaparecen casi completamente los fragmentos de traquita, y la pasta feldespática algo porosa, gris amarillenta, se aproxima en la textura á la granuda cristalina. Contiene tambien fracciones de cristalillos de feldespato en capitas y granos de cuarzo gris trasparente, y podria tomarse la roca por pórfido, si no hubiera la conviccion de que los cristales de feldespato engastados son nada más fragmentos.

"Las capas inferiores del losero están divididas en espesores de pocas pulgadas, que fácilmente se separan en losas delgadas, de donde proviene el nombre. Las superiores son más gruesas,

1 *Aufenthalt und Reisen in Mexico.*—Tomo 1º, página 345.

pues alcanzan un espesor de 20 á 25 piés (de 6m.2 á 7m.8), y por fin, más arriba desaparece toda estratificacion. En algunos sitios el losero tiene incrustados pequeños cristales de pirita, y en el Valle de Sirena, arriba de Pastita, ví varias capas muy abundantes de estos cristales.

"En el Valle de la Olla, subiendo de la Presa para el Cerro de Escalera, se observan circunstancias muy semejantes á las del Valle de Sirena, en la sobreposicion de las capas del losero á las del conglomerado. La direccion del conglomerado es, como ya queda dicho ántes, en los Valles citados de Sirena y la Olla, de 30° á 45° Noroeste, con la inclinacion de 30° á 40° Noreste. El losero, en su sobreposicion, tiene el mismo rumbo, pero su ángulo de inclinacion es solamente de 12° á 15°, y en las capas superiores aun el rumbo varía del Norte á 15° Noreste, y su recuesto de 20° á 25°.

"Ascendiendo de Guanajuato hácia los escarpados y abruptos peñones llamados "Bufas," que se levantan al Sursuroeste de la ciudad, ántes de llegar al sitio de "Las Carreras," se pasa junto al fuerte de San Miguel, caminando sobre conglomerado rojo hasta el Oeste de estos peñones, 709 piés (221.9 metros) arriba de Guanajuato, ó 7,378 piés (2309.3 metros) de altura absoluta. El camino que de la Cañada de Marfil se dirige á estas alturas, asciende suavemente hasta estos sitios; pero abandonando aquí esta regularidad, en donde el losero se sobrepone al conglomerado rojo, y se levanta bajo las mismas condiciones de brusquedad que en el Valle de Sirena, en peñascos acantilados de 651 piés (203.8 metros) sobre el conglomerado, ó sea á 8,029 piés (2,513 metros) de altura absoluta, en el punto más elevado de la Bufa Grande, el ascenso se presenta difícil por las escarpaduras del terreno.[1]

"El losero está sobrepuesto aquí de la misma manera y con la misma regularidad al conglomerado que en los Valles de Sirena y la Olla, formando iguales transiciones, con el mismo rumbo y

1 Debo advertir que las alturas absolutas marcadas por Burkart están exageradas, supuesto que segun los datos que anteriormente trascribí, el Peñon de la Bufa Grande tiene en su cima una elevacion absoluta de 2,386 metros, ó sean 127 ménos de los asignados por aquel viajero. Las alturas relativas que marca Burkart pueden considerarse exactas. En los párrafos trascritos he sustituido á las direcciones marcadas en horas de la brújula alemana, el número de grados y el cuadrante de rumbo correspondiente.

echado (30° á 45° Noroeste en las capas inferiores, de Norte á Noreste 15° en las superiores, é inclinacion al Este de 20° á 25°). La misma sucesion en las capas (abajo brechas compactas finas de color oscuro, en mantos; arriba, bancos más gruesos fragmentarios y traquíticos de color más claro, con fracciones de cristales de feldespato y granos de cuarzo, y por fin, coronando el todo, roca más parecida á pórfido, con base de feldespato compacto), se encuentra en la Bufa tal y como en los Valles ántes citados. Sin embargo, á la altura de la Bufa aparece más claramente pronunciado en la roca el carácter de pórfido, sin que se reconozca en ella el aspecto de traquita. Un cimento blanco, amarillento y pardo rojizo de feldespato, más ó ménos compacto, forma la base en la que están incrustados algunos fragmentos agudos de otras rocas más oscuras, con muchas fracciones de feldespato vidrioso, granos de cuarzo, y rara vez cristales de mica negra.

"No sé por qué razon el Sr. A. de Humboldt[1] coloca la formacion de las Bufas de Guanajuato entre los pórfidos de transicion, supuesto que el feldespato vidrioso la caracteriza más bien como traquítica. Está sobrepuesta en concordancia al losero, bajo la forma de rocas fragmentarias encrespadas de peñones como los del losero mismo, y á ella se sobreponen hácia el Cerro de Escalera, otras capas de losero verde; de modo que yo no tengo inconveniente en contar el pórfido de la Bufa con el losero, y toda la coleccion de hiladas del losero con la formacion traquítica. Este supuesto lo creo poder justificar completamente por medio de mis observaciones ulteriores, referentes á formaciones semejantes en la Bufa de Zacatecas y sobre las traquitas de Bolaños. Pero el mismo Sr. Humboldt no parece negarse completamente á esta opinion, al expresarse del modo siguiente:[2]

"Cuando se abarca bajo el mismo punto de vista los pórfidos de la Bufa de Guanajuato y los de las minas en otro tiempo célebres de Belgrado, de San Bruno, de la Sierra de Santa Rosa y de Villalpando, se cree reconocer en sus estratos más recientes pasos á rocas, que se ha convenido generalmente en Europa en colocar

1 *Essai Géognostique sur le gisement de roches dans les deux hémisphères.* —Paris, 1823.—Páginas 185 y 214.

2 Ibid ibid.

entre las traquitas. En el perfil núm. 1 he tratado de ilustrar estas condiciones de yacimiento.

"De Guanajuato á Villalpando, tomando el camino por el Cerro de la Bolita, se asciende primero por conglomerado rojo, y á poca altura se alcanza el losero bajo las mismas condiciones y caracteres. En las elevadas regiones, ántes de llegar al Puerto de San Bruno, se nota en el losero una masa de pórfido que no encierra fragmentos extraños. Su base es un feldespato oscuro pardo, tirando á verde, que engasta pequeños cristales de feldespato, cuarzo y mica. Se extiende más allá del Puerto de San Bruno, formando las cúspides del Cerro de la Cruz y de Chichíndaro.

"Descendiendo del Puerto, aparece otra vez el conglomerado rojo, que encierra al Noreste unas masas de pórfido pardo oscuro tirando á verde, y á cuyo conglomerado se le sobrepone el losero aun ántes de llegar al Llano Grande, en capas que parecen las superiores, porque no se asemejan á las que inmediatamente cubren al conglomerado rojo, sino más bien á las que se destacan en las rocas arribeñas del Valle de Sirena. En ellas se combinan las texturas del conglomerado y del pórfido. Sobre una base de color claro, gris de perla, de feldespato compacto, se encuentran incrustados al mismo tiempo fragmentos de pórfido, y otros arredondados oscuros, semejantes á la vácia gris, así como tambien fracciones de cristales de feldespato. En algunos puntos faltan completamente los primeros, y abundan de tal modo los últimos, que la roca toma el aspecto de una arenisca formada por capitas de feldespato blanco, argamasado por feldespato compacto. Este losero aparece claramente en capas semejantes al del Cerro de la Bolita, de la Escalera y de la Bufa, con un espesor de ½, 3 y 4 varas, con un rumbo de 15° á 30° Noroeste, con inclinacion Nornoreste. Solamente cerca de la mina de Villalpando, apénas en unas 100 varas, varía la inclinacion, apareciendo al Sursuroeste. Aquí se encuentra otra vez el losero semejante á arenisca, el mismo que en Guanajuato no está muy arriba del conglomerado. Mantos delgados de una arcilla oscura[1] algo estratificada, alter-

1 El Sr. de Humboldt la designa con el nombre de arcilla apizarrada [*Schieferthon*].—*Ensayo Político*, traduccion castellana.—Paris, 1827.—Tomo 3º, página 77.

nan aquí varias veces con el losero. En el valle al Sur de Villalpando, hácia Llano Grande, se observa pórfido feldespático envuelto por este losero, cuya base la forma el feldespato claro, color de carne, con pocos cristales del mismo y con muchos granos de cuarzo gris traslucientes. En el Socavon de la Doctora se encuentra el pórfido más pardo rojizo, con mayor cantidad de granos de cuarzo y más escasos los cristales largos de feldespato vidrioso. Del mismo modo se presenta el pórfido en la mina de Villalpando, en cuya region forma una masa muy extensa, en la que hay vetas de oro, de las cuales me ocuparé más adelante.

"En el camino para el cerro de Villalpando, que es el punto más elevado del vecindario, 2,507 piés [784,7 metros] arriba de Guanajuato y 9,177 [2,872,4 metros] de altura absoluta, encontré estos pórfidos alternando con brechas de feldespato [losero] y con algunos mantos de arcilla parda amarillenta. Este losero tiene mucha semejanza con el sobrepuesto al pórfido al Suroeste de Villalpando. Sobre una base parda de feldespato, se encuentran engastados fragmentos de un feldespato más claro, de una especie de piedra córnea apizarrada [*Hornsteinartigen Schiefergestein*] y granos de cuarzo. Tambien se encuentran vestigios de pirita incrustada. Un yacimiento análogo de losero en el pórfido observé en la mina de Villalpando.

La cúspide del cerro de Villalpando la forma el citado pórfido, el cual sin embargo aparece ménos compacto y de color blanco agrisado, probablemente por la descomposicion. Desde Villalpando se extiende el pórfido por el cerro de Peregrina hácia Santa Rosa, y en el camino de Peregrina á Guanajuato se le encuentra agrupado con el losero, como adelante de Villalpando. Al bajar á la Cañada de Raíz, aparece el conglomerado rojo debajo del losero; pero al reunirse esta Cañada con la de Sirena se llega á la formacion apizarrada.

"En el camino de Guanajuato á Santa Rosa se alcanza el límite de la esquista á una altura absoluta de 8,480 piés [2654,2 metros], en cuyo sitio se sobrepone al pórfido fragmentario del losero. Este sitio y el del cerro de Sirena, son los únicos en donde el losero se apoya inmediatamente sobre la esquista. Más arriba del Puerto de Santa Rosa se encuentra dislocado el losero por pórfido. Este tiene una base de feldespato gris verdoso, cuyo color probable-

mente será debido á una mezcla íntima de hornblenda, cuya base encierra granos de cuarzo y cristales de feldespato vidrioso. En el Puerto de Santa Rosa se eleva á una altura absoluta de 8671 piés [2714 metros], pero en el cerro de San Rafael, á 8813 piés [2758,5 metros], está el pórfido cubierto por el losero. Que á esta elevacion no tenga el losero el carácter de las capas sobrepuestas al conglomerado, no debe extrañarse por haber demostrado que miéntras más elevadas están estas capas sobre el conglomerado, tanto más varian en sus caracteres. Confírmase tambien esta observacion en el cerro de San Rafael, en donde la roca aparece con base de feldespato poroso, en partes blanco, en partes gris, con el doble aspecto de pórfido y de roca fragmentaria.

"El pórfido del Puerto de Santa Rosa no parece concordantemente sobrepuesto al losero en las inmediaciones, sino más bien subordinado, porque el pórfido muestra igual rumbo que las capas de losero, de 15 á 30° Noroeste con inclinacion de 20 á 23° al Noreste, y está cubierto tambien más al Noreste por rocas fragmentarias, que aparecen por allí en bastante extension. Estas se encuentran en el puerto de Santa Rosa en estratificacion sumamente uniforme y regular, y su conexion con el losero que observé en las cañadas de Sirena y de Raíz, y en las cercanías de Peregrina y Villalpando, en esa altura, es muy evidente á la vista.

"La extension ocupada por el losero y los pórfidos de Guanajuato, Villalpando y Santa Rosa dificulta juzgar de la antigüedad de esta formacion y del lugar que debe ocupar en la variada serie de las diversas rocas de nuestro planeta. Sorprende á primera vista una formacion compuesta á la vez de rocas en capas y de rocas compactas en la más íntima union, y fácilmente, al pasar con rapidez por esta serranía, pudiera estimarse que las capas de losero están sobrepuestas á las masas compactas de la misma formacion. La investigacion cuidadosa, sin embargo, suministra datos que contradicen semejante suposicion.

"En las inmediaciones de Zacatecas existe una formacion análoga, pero estrechada á tan corta extension, que de una ojeada se abarca el conjunto de sus miembros. Subiendo del valle de Zacatecas para la Bufa, aparecen en sucesion rápida, diorita compacta,[1]

1 En el lecho del arroyo abajo de la garita, camino de Guadalupe.

conglomerado rojo estratificado, roca fragmentaria traquítica [losero] y pórfido traquítico, sobrepuestos, y las tres últimas hiladas asociadas por tan claras transiciones, como acontece con las rocas muy análogas de Guanajuato. En la mayor parte de los pórfidos de esta localidad, no se puede desconocer su tendencia hácia traquita, y como su enlace íntimo con el losero está demostrado, creo tener razon al haber referido este agrupamiento á la formacion de traquitas.

"El Sr. A. de Humboldt dice con respecto del losero de Guanajuato: [1] "Por todas partes he visto reposar este aglomerado ó *lo-* "*sero* sobre la arenisca roja, y en la pendiente Suroeste del cerro " de Sirena descendiendo hácia la mina de Rayas, me ha parecido " bastante evidente que el *losero* forma una capa en el conglome- " rado grosero de Marfil." Tambien encontré yo un sitio en la Cañada de Sirena que podia justificar esta suposicion, si no la contradijeran todas las demas observaciones. Lo que escribí en la localidad misma sobre el asunto es lo siguiente: Es curioso observar en el Valle de Sirena, que despues de haber abandonado en un buen trayecto el conglomerado rojo, cruzando el losero de las capas inferiores hácia las superiores, ó sea de las del bajo á las del alto, de nuevo se presenta el conglomerado rojo sin el menor cambio en la inclinacion de ambas formaciones. Podria suponerse un lecho de losero en *B* [figura adjunta], intercalado en el conglomerado rojo, por asomar este de nuevo más arriba sobrepuesto del losero *A* en conexion con el mismo losero y con los pórfidos del cerro de la Bolita, de una manera semejante á como se encuentran cerca de la Hacienda de Pastita. Ambos declives de la cañada ni están libres ni bastante descarnados para poder apreciar con seguridad la causa de esta condicion de yacimiento; sin embargo, creo esto engendrado por la comisura *C*, y es probable que la veta arcillosa, de un espesor de dos varas próximamente, que cruza á la Veta Madre en la mina de Sirena, ha ejercido esta influencia dislocadora sobre la respectiva colocacion de ambos grupos de rocas, por el descenso ó ascenso de una sobre la otra parte de la formacion." [2]

1 *Essay Géognostique sur le gisement des Roches.*—Paris, 1823, p. 217.

2 La interesante advertencia del Sr. Burkart ha sido confirmada por completo posteriormente; pues en efecto, la Veta Madre se encuentra dislocada en

Despues de esta interesante narracion del Sr. Burkart, que sin embargo del trascurso de los años no ha perdido su mérito cientifico, agregaré por via de apéndice algunas observaciones.

La diseminacion de la pirita en todas las rocas de Guanajuato, sobre la cual llama la atencion Burkart, demuestra la presencia del azufre obrando en todas las acciones ígneas: es muy comun en las formaciones de todos nuestros distritos mineros, especialmente acercándose á las vetas; en consecuencia, no constituye en mi concepto un carácter particular sino general, probablemente debido á la influencia sulfurante que precedió y acompañó el desarrollo de los criaderos metalíferos.

En cuanto á los cristalillos de feldespato y fracciones de ellos incluidos en el losero y capas superiores que, como marcó el Sr. Humboldt, están á veces quebrados y á veces intactos,[1] creo conveniente manifestar que me parecen estos cristales engendrados por metamorfismo en la masa misma de la roca, y formados entre los productos de primera operacion, correspondientes á los de primera consolidacion en las rocas fundidas; despues, sea por las mismas acciones posteriores del metamorfismo, ó por las acciones mecánicas cuyo orígen se encontraba en los movimientos de ascenso de estas masas para llegar á las elevaciones absolutas á que se encuentran ahora, la roca ha sufrido, además de las grandes dislocaciones de las masas, otras que llamaré micro-dislocaciones en su constitucion molecular, acusadas por las hendidas numerosas de unos y por la fractura de otros cristalillos de feldespato. Así pues, lo que en la época de los Sres. Humboldt y Burkart no tenia explicacion por falta del caudal científico de que ahora disponemos, la tiene hoy en mi concepto cumplida, median-

dicha mina, y además, segun lo he manifestado al hablar de las rocas cortadas por el Socavon de Sirena, existen diversas dislocaciones en la montaña que justifican con exactitud las apreciaciones de tan inteligente observador.

El ojo experto del Sr. Humboldt pudo estimar, en efecto, que el losero fino en esa region se encuentra intercalado entre las capas de conglomerado rojo; pero esta apreciacion fué originada por la dislocacion de la montaña, segun lo explica Burkart.

1 *Essai Géognostique sur le gisement des Roches.*—Paris, 1823, p. 217.

te las observaciones micrográficas referentes al metamorfismo, notablemente consignadas por una pléyade de sabios, entre otros, por los Sres. Fonqué y Levy, á quienes la geología y la mineralogía deben tan interesantes trabajos micrográficos y sintéticos sobre las especies minerales y sobre las rocas.

La ambigüedad de estas capas de arenisca verde, claramente sedimentarias, á la vez que de tipo marcadamente porfiroide y traquítico, si bien son muy notables y constituyen un conjunto digno de estudiarse en sus variados y difíciles detalles, para sorprender á la naturaleza, digamos así, en sus operaciones consiguientes á fin de desarrollar entre el tejido sedimentario, química y mecánicamente irregular, cristales bien definidos de especies mineralógicas que aparecen incrustados en la masa de la roca fragmentaria; no son ya formaciones problemáticas destacadas en el campo científico como hechos sin antecedentes, y que por consiguiente no haya un grupo al que referirlas por comparacion; sino que podrémos asentar, que por su orígen pertenecen, como las capas inferiores del conglomerado rojo, á los depósitos sedimentarios formados bajo las mismas condiciones, y por su tipo porfiroide y traquítico, pertenecen á las capas metamorfoseadas por acciones posteriores.

Conviene recordar que Mr. Daubrée ha logrado obtener, por medio de pequeñas cantidades de agua sobrecalentada, la cristalizacion de silicatos anhidros ó hidratados, y aun la del cuarzo mismo, á una temperatura muy inferior á la de la fusion de estas sustancias; temperatura á la cual los elementos de la roca no resienten más trasformaciones que las consiguientes á las reacciones químicas, sin perder por tanto muchas veces su carácter sedimentario. Ha demostrado tambien que no es precisa la presencia del agua sobrecalentada en estado líquido para producir estas reacciones, sino que tambien es suficiente su vapor sobrecalentado para engendrarlas.

Los resultados de estas experiencias que llamaré *hidrotermógenas* para distinguirlas de las *hidrotermales*, en las cuales el agua no interviene sino con temperaturas inferiores ó iguales á las de la ebullicion, los considero de muy fecunda aplicacion para darse cuenta del orígen de inmensas masas de roca que forman generalmente las más extensas cordilleras mexicanas, á la vez sedi-

mentarias por su orígen y de aspecto de pórfido ó de traquita por los metamorfismos á que han estado sujetas.[1]

Siguiendo las interesantes consideraciones de Mr. Daubrée, no es posible asignarles á estos seudopórfidos un orígen provenido simplemente de las acciones del calor, sobre las capas sedimentarias de las cuales tomaron nacimiento; supuesto que estas acciones por sí solas no bastan para explicar los fenómenos ocurridos, ni aun en el caso especial al cual me vengo refiriendo. Es indispensable buscar esta explicacion en la accion combinada del calor por intermedio del agua sobrecalentada, y quizá por el de algunos vapores que obraron de una manera mineralizadora.

Al conjunto, pues, de estas materias gaseosas puestas en accion por el basalto, á manera de los vapores y fumarolas desarrolladas por las lavas de los volcanes actuales, y además los manantiales hidrotermales ligados con estos mismos fenómenos, y de acciones generalmente desarrolladas en grande escala en el país, es á lo que designo colectivamente con el título de emanaciones basálticas.

La pequeñez de los cristalillos de feldespato dificulta su reconocimiento macroscópico; pero entre los mejor definidos incluidos en los depósitos superiores, sin guardar relaciones con la estratificacion, se presentan traslucientes y aun trasparentes, bajo la forma llamada macle del albite, y con los caracteres de la *peristerita* [ó sea la adularia del albite] iridescente, con colores de pecho de paloma, de donde le viene su nombre. Suelen en la masa de la roca individualizarse granos de cuarzo hialino, resplandeciente, de lustre de vidrio en su interior, entre los cuales algunos son iridescentes.

Conveniente me parece recalcar que los cristalillos de feldespato que aparecen en estas rocas sedimentarias y despues metamorfoseadas, no guardan ningun órden aparente en su distribucion, porque ni se presentan siguiendo las líneas de la estratificacion, ni están colocados respecto de su longitud en un mismo sentido; lo cual equivale á decir que las caras homólogas de los cristales no guardan ningun paralelismo. Así pues, sin embargo de que estas

1 Véase *Daubrée*, *Etudes Synthétiques de Géologie experimentale.*—Paris, 1879, p. 144, y especialmente las recapitulaciones de las páginas 178 y 250.

rocas han estado sujetas á los fuertes movimientos de elevacion consiguientes á los grandiosos fenómenos orogénicos, la simple accion mecánica no se deja traslucir en estas capas por modificaciones moleculares fuera de las microdislocaciones. Pero si esta accion no revela su presencia en la naturaleza de las rocas, claramente la manifiesta tratándose de las grandes masas que se encuentran dislocadas no pocas veces.

Los depósitos superiores están constituidos por capas de conglomerado comun perfectamente caracterizado en las porciones de ellas que mejor han escapado al metamorfismo, y en estos sitios los fragmentos pueden reconocerse con más ó ménos dificultad, pues en las regiones metamorfoseadas, ó están disfrazados por las modificaciones que han sufrido, ó casi han desaparecido, confundiéndose con el cimento. Suelen aparecer dichos fragmentos simplemente diseñados por manchas que denuncian el lugar que ocuparon, porque en realidad han desaparecido bajo la accion homogenizante del metamorfismo. El término más avanzado de esta accion en estas regiones, se marca por aparecer la roca que fué estratificada, despojada completamente de este carácter, perdido su aspecto fragmentario, y trasmutada en un pórfido traquítico bien definido, con su laminacion y sus series de juntas, con mucha frecuencia del todo independientes de los antiguos cruceros de estratificacion, y presentando en estos casos una estructura en grande escala, prismática y columnar. Con tales caracteres se manifiesta en esa serie de caprichosos peñones designados con el nombre de Bufas.

En las eminencias cortadas á pico dispersas en las cimas que rodean la hondonada de la presa de la Olla, se presentan los depósitos superiores formando escarpas de estructura prismática; pero no habiendo perdido la roca del todo su aspecto estraficado, y conservando además algunos prismas los vestigios del azote de las olas, que en alguna época sufrieron, es curioso observar en estas toscas columnatas el encuentro de los planos de sedimento inclinados al horizonte, con las huellas de las aguas marcadas con señales casi horizontales, y con la division grosera en prismas por planos casi verticales.

Es para mí indudable que una gran parte de las capas de los depósitos superiores han perdido su individualidad, adhiriéndose

unas con otrrs á consecuencia del metamorfismo, porque en donde esta roca se encuentra ménos influenciada por esta accion, las capas desde luego se destacan, y á veces con espesores semejantes á las del conglomerado rojo. De tal modo las he visto en las cercanías de la hacienda del Cubo, al Sur de Villalpando.

El mismo conglomerado rojo que tan bien definido se presenta en su estratificacion, en la naturaleza de los fragmentos engastados y en el aspecto de su cimento en toda la Cañada de Marfil, manifiesta modificaciones muy semejantes á las de las capas superiores de la formacion, cuando el metamorfismo ha obrado sobre él de una manera marcada. Siguiendo los afloramientos del losero inferior, de la Yerba Buena y Rancho Seco hácia el Norte, cruzando el arroyo de Marfil, se llega á las cercanías del Puente de Santa Ana, situado sobre la antigua carretera de Guanajuato á Silao. Desde luego este losero aparece afectado, tomando una compacidad y una resistencia á la fractura notables: un poco más adelante, y ya al Este del Puente, las mismas capas se encuentran más arcillosas y blandas, y poco más adelante su aspecto es de un pórfido más ó ménos descompuesto, por fenómenos hidrotermales que han kaolinizado los cristales y fragmentos de feldespato, y arcilificado[1] la masa general de la roca; en cuyo estado ha sido objeto de explotacion para extraer cantera de color rojo rosado, análoga á la producida por las antiguas canteras de los Picachos.

Continuando la exploracion, se llega á encontrar el conglomerado mismo de tal manera modificado, que sin la lenta transicion reconocida seria imposible designar como roca que fué fragmentaria, una enteramente compacta y homogénea, que denuncia desde luego su orígen metamórfico.

Muy cerca del mismo Puente de Santa Ana, un poco arriba y sobre el camino, aparece definidamente el conglomerado rojo pasando á pórfido, que á su vez se encuentra arcilificado, pero con un aspecto tal, que recuerda claramente las capas superiores de la arenisca verde. El que examine esta transicion, este cambio de carácter de conglomerado á pórfido, no dudará ya que los depó-

1 He formado el verbo *arcilificar* para denotar la trasformacion en arcilla de una masa feldespática impura; corresponde al verbo *kaolinizar* relativo á los cristales de feldespato.

sitos elevados sobrepuestos al losero superior están constituidos por capas de conglomerado trasmutadas en lo que puede llamarse *metapórfido*, siguiendo la nomenclatura de algunos geólogos, que para designar una roca metamórfica le anteponen á su nombre la partícula *meta*.

Un poco arriba de estos sitios aparece el metapórfido traquítico franco, provenido sin duda alguna del conglomerado, con su base arcilo-feldespática y sus cristales de feldespato vidrioso, tal y como en las regiones superiores de la arenisca verde suele presentarse engendrado de esta roca. De manera que aun estas circunstancias de detalle asemejan las capas inferiores con las superiores de esta serie fragmentaria de capas.

En cuanto á los fragmentos incrustados en los depósitos superiores, y que el Sr. Burkart clasificó de traquita, no vacilo en afirmar que, aunque en muchos su aspecto actual es de pórfido traquítico, es evidente que esto es originado por la misma accion metamórfica que á todo lo afectado le ha impuesto ese carácter. Estos fragmentos son en su mayor parte de diorita, sienita y esquista, como en el conglomerado inferior; pero pierden su aspecto tal y como acontece en las regiones de contacto de las formaciones, estableciéndose un verdadero metamorfismo de *intersobreposicion*, del que me ocuparé dentro de poco.

En las masas de esta roca ya muy afectadas y con cristales definidos de feldespato dispersos irregularmente en ellas, me he encontrado fragmentos que probablemente fueron de anfibolita ó de serpentina enteramente trasmutados en talco hojoso.

Entre las pequeñas comisuras de metamorfismo por las que suele quebrar esta roca aparecen bellas láminas cristalinas de estilbita.

En las inmediaciones del Rancho de Calderones, particularmente caminando hácia las Bufas, se encuentran las capas de la arenisca verde de tal manera incoherentes, que el suelo está deslavado y surcado, poniendo de manifiesto los multiplicados colores del losero, como si fuera una arenisca abigarrada.

En las canteras hoy abandonadas de la antigua Cueva de San Ignacio, situada al Sureste del Losero del Rincon [que es el más grande y hundido en lo alto de la Cañada del Infierno, tributaria de la hondonada de la Olla], la arenisca verde se encuentra de tal

manera afectada, que ha perdido estratificacion, su color propio y su aspecto litológico, y ha pasado á ser un arcilófido[1] blanco, poco agrisado ó amarillento, conteniendo granos de cuarzo, escasos cristales de feldespato y hojillas de mica negra. Esta roca, producto de descomposicion, está cubierta por capas resquebrajadas de arenisca verde poco metamorfoseada, de estructura esferoidal en pequeña escala.

De este arcilófido á la roca que forma los peñones de las Bufas hay un solo paso fácil de salvar. Si en el uno la pasta es arcillosa, en la otra es feldespático-arcillosa: en el primero los cristales son muy escasos y en la segunda lo son un poco ménos, y en fin, el tipo general es el mismo. Por lo tanto, se deduce que ambas proceden del mismo metamorfismo, posteriormente afectadas desigualmente por los agentes de descomposicion.

La presencia de este arcilófido de aspecto homogéneo por haber perdido su textura detrítica, es frecuente en las montañas guanajuatenses, correspondiendo, me parece, á acciones hidrotermales kaolinizantes, que á la vez han arrastrado casi todo el óxido de hierro contenido en las rocas fragmentarias.

Además del Puerto de Santa Rosa y el cerro de Sirena, que son los dos sitios citados por Burkart, en donde observó las capas superiores del losero sobreponerse directamente á la esquista, puedo yo citar sobreposiciones iguales al Noroeste del tiro de Villalpando, en la vertiente de la montaña, abajo del Puerto del Burro; cerca de la mina de la Loca, y un poco arriba, y en la Loma del Porvenir, al Sur de la mina del Capulin. Todo esto en las cercanías de Villalpando, en las que la arenisca verde tiene poco espesor; pues de la cumbre del cerro más elevado á la superficie de la esquista, apénas hay un desnivel de 322 metros.

En el grupo de minas de San Anton, sobre la vertiente oriental de la Sierra de Guanajuato, dando vista para el valle de Dolores, asoma la esquista más ó ménos cuarcificada, y está coro-

1 Algunos diccionarios castellanos traen la parabra *arcilófiro*, que no me he resuelto á aceptar; pues el sentido etimológico asigna *arcilófido* en castellano, correspondiente al *argilophyre* frances y al *thonporphyr* aleman, formadas de las palabras arcilla y pórfido. Por igual razon tomaré la palabra *Vitrófido*, correspondiente al pórfido de base de piedra pez, por *vitrophyre*, *pechstein porphyr; felsófido* por *felsophyre*, etc.

nada por un conglomerado trasmutado casi completamente en pórfido, afectando la forma de peñones caprichosos, que se elevan á buena altura y se hacen visibles á grandes distancias; por lo cual son conocidas estas montañas con el nombre de "Cerros de San Anton," en los cuales el pórfido estratificado aparece apoyándose directamente sobre la esquista.

La apreciacion del Sr. Burkart de que la arenisca verde más ó ménos afectada, se extiende en capas que coronan las cimas de las montañas en las regiones del Norte y del Este de Guanajuato, la considero muy exacta. Al bajar del mineral de la Luz para la ciudad, desde lo alto de la Cuesta Grande, á las cuatro ó cinco de la tarde, cuando el sol ha declinado bastante, el observador, dando espalda al astro, puede contemplar con las mejores condiciones de luz el conjunto de capas de la arenisca verde situadas al Oriente, desde el Cerro de Pulquera hasta los peñones de las Bufas, pasando por el Cerro de Sirena, en primera línea, y en segunda desde los Cerros de Chichíndaro, Villalpando y Peregrina, hasta la ceja montañosa que se dirige para el cerro culminante de Santa Rosa. Es fácil convencerse entónces que toda ella es una hilada bien determinada, abajo por la arenisca fina, y arriba por el plano bien demarcado que forman las cimas, que desde la Sierra de Santa Rosa se manifiesta inclinado hasta terminar en las Bufas, elevándose un poco hácia Villalpando. Esta ojeada pone de manifiesto tambien la vasta denudacion sufrida por la arenisca verde en todas las regiones en que el conglomerado está á descubierto.

Las masas de pórfido envueltas en esta hilada, no son otra cosa, pues, que productos de metamorfismo, avanzando hasta hacer perder á la roca su aspecto fragmentario.

Las diferencias de inclinaciones entre las capas fragmentarias inferiores y las superiores observadas por el Sr. Burkart, sin embargo de presentarse bajo las formas trasgresivas de estratificacion, obligan á constituir marcadamente una division de este conjunto en hiladas, y aun probablemente en pisos, atendiendo al grueso espesor de este sistema de capas, que merece los honores de estudiarse con todo detalle para llegar á conclusiones decisivas. Encontrándose estos estratos fuertemente removidos de su posicion primitiva, y dislocados por fallas, se hacen precisas ob-

servaciones minuciosas para fijar el número de hiladas que constituyen el conjunto.

Un exámen general de esta serie fragmentaria deja conocer que en efecto las capas inferiores se presentan con mayor inclinacion que las superiores, y se hace notable que miéntras más se asciende en las montañas, los estratos bien reconocibles colocados á mayor altura se manifiestan ménos fracturados.

En la cañada que da asiento á la ciudad, el conglomerado rojo se encuentra enteramente á descubierto, á consecuencia de las enormes erosiones que arrastraron las capas de la arenisca verde. Estas erosiones, segun puede estimarse, obraron poderosamente sobre las montañas esquisto-dioríticas que hoy aparecen enteramente desnudas, sin embargo de que debe creerse que estuvieron cubiertas por los mismos depósitos fragmentarios que se superponen á la esquisto-diorita en las montañas más elevadas de las regiones del Norte y del Noreste.

En el camino de herradura de Guanajuato á San Miguel de Allende, al pié de la Cuesta Blanca, en una especie de planicie interpuesta entre ésta y la Cuesta de Tanderos, se encuentra el losero bajo una forma de metamorfismo interesante, y digno por lo tanto de estudiarse en detalle. La roca se reconoce á golpe de vista, por el grano fino de su masa, y por las bandas de colores bien marcados de la estratificacion, pero algunas de sus capas están trasformadas en una hermosa cuarzita listada de colores suaves, del blanco al rojo cereza claro. La lente resuelve las bandas rojas granujientas, que aparecen de este color por la fina y homogénea distribucion de partículas de hierro oligista rojo, que á veces pasa al espejado, procedente, segun puede estimarse, del metamorfismo de los detritus esquisto-dioríticos que componen el losero.

Esta cuarzita que chispea enérgicamente con el eslabon, elegida convenientemente, puede constituir un bello material para la ornamentacion arquitectónica de más costo y de mayor lujo, por lo agradable de sus colores, lo variado de sus tipos y por lo fino de su grano.

Algunas fajillas delgadas de este losero, bajo una accion cuarcificante ménos enérgica, se encuentran encerradas entre otras dos, de tal manera afectadas por la kaolinizacion, que han pasado

á ser un arcilófido en el que el cuarzo, en vez de impregnar homogéneamente la masa, se ha individualizado separándose bajo la forma de granos del mismo modo que el óxido anhidro de hierro.

Las capas de arenisca verde más gruesa, aparecen con su estratificacion fina en unos casos, gruesa en otros, y en todos más ó ménos cambiada en pórfido de varios tipos y colores, con cristales más ó ménos frecuentes y desarrollados de feldespato vidrioso. Las acciones hidro-termales sobre algunas capas están perfectamente definidas, por la intrusion entre una masa kaolinizada, de fajillas con tendencia olítica de jaspe ópalo ferruginoso, que suele engastar tambien cristalillos de feldespato vidrioso.

En las vertientes orientales de la serranía guanajuatense, casi todo el conglomerado rojo y la arenisca verde están trasformados completamente en pórfido, y entre su masa, las intrusiones hidrotermales de jaspe ópalo teñido por cinabrio, y aun de cuarzo, son muy frecuentes, hasta el grado de haber constituido masas mercuríferas explotables, como en la mina del Cañon.

Entre los acarreos de los arroyos que proceden de estas vertientes, se reconocen fragmentos de losero más ó ménos metamórfico, de variados tipos, algunos de colores agradables y de escalonadas durezas.

He querido tratar con cierta extension lo relativo al conglomerado y areniscas de Guanajuato, porque allí se presentan con entera franqueza las transiciones de roca sedimentaria á pórfidos de diversos tipos, muy abundantes en las regiones centrales del país; regiones en las cuales muestran los pórfidos con mucha frecuencia, que proceden del metamorfismo ejercido sobre rocas claramente fragmentarias ó detríticas. En las regiones orientales de la serranía guanajuatense, casi se pierden los vestigios de las rocas clásticas ó detríticas, para dar lugar á los pórfidos engendrados por el metamorfismo; pórfidos claramente relacionados á la vez con los situados en los alrededores de Guanajuato, y con los extendidos en dilatadas regiones del país, y que pudiéramos llamar pórfidos mexicanos, por el tipo especial que afectan en la mayor parte del territorio.

El losero de Guanajuato constituye por su belleza natural, por su docilidad para la labra, por la variedad de sus colores y por la amplitud de su criadero, el prototipo de multitud de canteras en

las cercanías de nuestras poblaciones de la Mesa Central [Zacacates, Ojocaliente, Pinos, San Luis Potosí, etc.] que producen baldosas, que aunque no reunen condiciones tan ventajosas para su explotacion, bajo el punto de vista geológico se identifican, por tratarse de rocas sedimentarias de igual edad, sujetas á los mismos fenómenos de metamorfismo.

## Pórfidos.

Los límites que me he propuesto al escribir este bosquejo geológico, no me permiten entrar en una extensa descripcion de las distintas especies de pórfidos que se ostentan bajo variadas y arrogantes formas de peñones, riscos, espigones, peñasquerías, etc., en las cimas y cejas de las montañas guanajuatenses, ó que se extienden cubriendo toda la superficie ondulada de las montañas. Este asunto, amplio y relacionado como ya queda dicho con extensas comarcas mexicanas, requiere para su desarrollo un libro especial. En consecuencia, en este artículo me limitaré á presentar una simple sinopsis de tan importante materia.

Las numerosas transiciones existentes en las cercanías de Guanajuato entre las rocas indudablemente sedimentarias y los pórfidos bien definidos, no dejan la menor duda de que el metamorfismo ha ejercido sus acciones en esa comarca de una manera perfectamente marcada, segun quedó expresado en las páginas anteriores. ¿Pero cuáles son las causas que han desarrollado ese metamorfismo? ¿Qué especie de emanaciones del interior de nuestro planeta son las que han venido á obrar sobre las capas sedimentarias para trasmutarlas en pórfido de una manera perfecta ó imperfecta?

Desde luego, la primera idea que ocurre es que del interior del globo han salido grandes masas de pórfido, cuya accion metamórfica se ha propagado sobre las masas sedimentarias removidas y sobre las colindantes, trasmutándolas tambien en pórfido más ó ménos definido.

Con la mira de resolver el problema, fué preciso examinar el terreno, recorrerlo en distintas direcciones, á fin de buscar las supuestas emisiones de pórfido, bajo cualquiera forma que hubie-

ran surgido; pero, investigacion inútil: por donde quiera el pórfido que se presenta es metamórfico, y en la mayor parte de los casos, las huellas de la estratificacion, si es que no tambien los fragmentos incrustados, que no han desaparecido del todo, testifican que su orígen fué sedimentario. Sin embargo de que las capas están inclinadas, forman inflecciones y se presentan frecuentemente dislocadas, no se encuentran, no obstante, desgarradas por la salida franca de rocas ígneas que se hayan sobrepuesto, y únicamente están interrumpidas por la travesía de diques basálticos francos ó de comisuras llenas de dolerita en bolas concéntricas, en parte descompuestas, y á cuyos diques acompañan, como fenómenos de detalle correlativos y posteriores, acciones hidrotermales bien definidas.

No se puede admitir desde luego que estos diques poco numerosos y escasamente desarrollados en potencia y longitud, sean la causa determinante del metamorfismo porfirizador de la arenisca verde, que cubre extensas superficies del terreno; en consecuencia, me fué indispensable seguir recorriendo las montañas seudo-pórfidas, á fin de llegar á conocer el orígen al parecer oculto de estas modificaciones; pero este exámen no sirvió más que para mostrarme que hay regiones metamorfoseadas enérgicamente, en las que el pórfido estratificado, por transiciones litológicas marcadas, llega á ser una dolerita porfiroide de base negra labradorítico-piroxénica, de textura concóidea grande é imperfecta, encerrando abundantes granos y cristales de feldespato labrados, blancos, amarillos y verde aceite, y granos de olivino más ó ménos desarrollados. La Cuesta del Arrastradero, al Sureste de Villalpando, camino de herradura de Guanajuato á San Miguel de Allende, es una localidad adecuada para observar tan interesantes transiciones.[1]

1 Recorriendo este camino para efectuar su exploracion geológica, respecto de estos sitios escribí, en marcha, la siguiente nota: "El Cerro de la Leona presenta por su ladera del Oeste conglomerado rojo, y por la del Este "depósitos superiores," que son los que continúan formando las cañadas siguientes que se atraviesan siguiendo la marcha hácia San Miguel, hasta llegar al punto más bajo, que es el arroyo del Cubo, en donde el meta-pórfido aparece muy claro en ambas vertientes, y sigue despues en tramos de este modo en el ascenso del Cubo, y despues en la Cuesta del Arrastradero, en la que el pórfido que nace de los "depósitos superiores" en pequeños lunares, toma marcada tendencia á dolerita."

Por la misma region se encuentra otro sitio, partiendo de Llano Grande sobre el camino que acabo de citar, en la vereda que se dirige hácia la mina del Tajo, faldeando el cerro de las Peñas del Ojo de Agua, junto al Arroyo de las Calaveras, donde la arenisca metamorfoseada pasa á ser una dolerita porfiroide, de estructura orbicular, con cristales de labrador y granos de olivino y de *fayalita* [peridoto de base de hierro].

El alto de la Veta Madre, del Puerto del Trompetero hácia las minas de Purísima y Cardones, está constituido por la arenisca verde trasmutada en pórfido, que en diversos sitios converge hácia dolerita. En el Puerto de San Bruno el metapórfido no ha perdido aún su carácter de roca fragmentaria, y ya en su masa aparecen numerosos cristales blancos de labrador, que se destacan claramente sobre el fondo gris-azulado del conjunto.

Abajo de la mina del Cedro, en el arroyo, aparece el pórfido-arenisca, bajo la forma de dolerita, con sus cristales verde aceituna y rojo cereza de labrador incrustados, de 5 milímetros de largo. Entre las minas de Purísima y Cardones, en el arroyo, la misma roca asoma de nuevo de la misma manera, presentándose como dolerita.

En el patio de la mina del Nayal se observa el pórfido dolerítico semejante á los descritos, en el alto de la Veta allí explotada.

Estudiando con algun detalle las capas de arenisca verde trasmutadas en seudo-pórfido en la Cuesta de Barrientos, en el antiguo camino de herradura de Guanajuato á Santa Rosa, se advierte que estas capas bien definidas, superpuestas á la esquista en diversos sitios, manifiestan claramente su orígen detrítico, y aun se pueden reconocer á veces los fragmentos incrustados. No obstante esto, en la misma Cuesta y ántes de llegar al Puerto, se pronuncia la accion porfirizante de tal modo, que aparece la roca en detalle con estructura globosa en grande y pequeña escala, compuestas las masas de cascos concéntricos más ó ménos arcilificados, con un núcleo central compacto, esferoidal, en cuyo interior la roca intacta presenta las más veces su composicion fragmentaria perfectamente reconocible, reunida al aspecto porfiroide, con granos y cristales de labrador de diversos colores.

En grande escala los planos de la estratificacion se pierden; la roca se fisura irregularmente; en el interior toma un color gene-

ral gris más ó ménos oscuro, con manchas de diversos tintes, y en el exterior se presenta roja, parda y amarilla por la oxidacion del hierro.

En las vertientes orientales de la serranía, tributarias del Valle de Dolores, el conglomerado y la arenisca verde se encuentran de tal modo metamorfoseados, que sin haberlos reconocido ántes ménos modificados en las cercanías de Guanajuato, difícil seria creer que esas masas de variados pórfidos de diversas texturas, estructuras y colores sean las mismas rocas sedimentarias profundamente afectadas. En esas regiones se encuentra en tramos acentuada la convergencia de estos metapórfidos hácia dolerita; pero puede decirse que la accion basaltificante está embozada, y únicamente por esa convergencia se puede estimar de dónde procede el orígen de los metapórfidos.

Pero hay en las cercanías de la ciudad misma de Guanajuato una excursion fácil de emprender, y convincente para apreciar detalladamente las relaciones de union que ligan al pórfido-arenisca con los fenómenos basálticos. Subiendo por el camino de la Bolita, hasta pasar la cuesta del Losero, se llega á un terreno elevado y abierto, de suave pendiente, en donde bajo la forma de escalones afloran las capas sobrepuestas de arenisca verde. Su reconocimiento es interesante, porque la masa misma de la roca indica la intensidad del metamorfismo por el que ha sido afectada.

Dirigiéndose sobre este plano inclinado en la exploracion hasta el Cerro del Muerto, que es un promontorio pequeño al Norte y junto al camino de Villalpando, ántes de llegar á las laderas del Cerro de Chichíndaro, se pueden en este trayecto cómodamente seguir las capas de arenisca verde hasta la falda de dicho promontorio, en el que conservando éstas su sobreposicion, se encuentran basaltificadas; la densidad de la roca ha aumentado considerablemente; las listas rojas dignas de examinarse con el microscopio polarizante, ricas en anhidróxido de hierro, demarcan por su paralelismo los planos de la estratificacion: la masa oscura feldespática incrusta cristales de plagioclasia, diseminados irregularmente, granos de peridoto, y en fin, los ejemplares recogidos ejercen y asensible atraccion sobre la aguja imantada, y hay que clasificarla como una dolerita porfiroide abundante en olivino y

en fayalita; cuya descomposicion parece haber producido las líneas rojas de anhidróxido de hierro. El exámen atento de esta roca, enérgicamente metamorfoseada, mostrará probablemente la presencia de diversas especies mineralógicas diseminadas en ella.

La cima del Cerro del Muerto está formada de la misma roca. Las capas de arenisca verde entre esta montaña y la de la Bolita, tienen una direccion de 35° Noroeste, inclinadas 20° al Noreste. La meta-dolerita estratificada del Muerto, tiene una direccion de 50° Noroeste é inclinacion de 20° Noreste. Entre esta montaña y la de Chichíndaro, se manifiesta una especie de dique ó veta con 80° Noreste é inclinacion de 60° Noroeste; cuya presencia no explica los metamorfismos reconocidos, porque no continúan sobre los labios de la comisura bajo la forma dolerítica, sino bajo la forma filoriana.

En la falda Sur de Chichíndaro vuelve á encontrarse la dolerita descrita, provenida de las capas de arenisca verde, igual á la del Muerto; pero en esta localidad asociada con pórfidos de otros tipos, entre los que figuran:

1º Bajo el modo esferolítico, el *piromérido* [*pyroméride*] de textura perlítica bien marcada á la simple vista, con glóbulos fracturados, en los que se distinguen claramente las capas concéntricas, y se bosquejan las estrías radiadas partiendo del centro. Color general de las esferolitas que forman la base, rojo ladrillo y encarnado tirando á pardo rojizo: interposiciones fluidales cuarzosas color pardo musco, aparentes al primer golpe de vista en razon de formar parte de la masa. Se individualizan algunos cristalillos vítreos de feldespato y granos hialinos de cuarzo, y entre el tejido general aparecen penetraciones de jaspe ópalo pardo cetrino, y una que otra hojilla de mica negra. Los ejemplares obran sensiblemente sobre la aguja imantada.

2º Al lado del anterior, en el cual la textura vítrea parecia comenzar á sobreponerse á la cristalina, se encuentra en la Cantera de Chichíndaro, una especie de *liparita porfírica*, producto de metamorfismo, porque en su orígen fué fragmentaria, segun puede reconocerse con más ó ménos trabajo. La masa general parda rojiza feldespático-arcillosa, incrusta abundantes cristales vítreos de feldespato, algunos kaolinizados, y granos de cuarzo hialino probablemente hidrotermales, supuestas sus claras transiciones á

calcedonia y ópalo. Obra muy ligeramente sobre la aguja imantada.

3º Por medio de transiciones graduales, el anterior pasa á una *liparita porfírica* de aspecto enteramente de traquita, declinando en *arcilófido*, escaso de cristales de feldespato y de granos de cuarzo, pero abundante en venillas calcedoniosas. Obra aun más ligeramente sobre la aguja imantada.

4º Siguiendo las transiciones, en la cumbre de la montaña, á 2532 metros de altura absoluta, se presenta la misma roca anterior, más arcillosa aún, pobre en cristales de feldespato, porosa, y como si hubiera sido atravesada por un líquido que la hubiera arrebatado por via de solucion parte de sus elementos.

Entre la masa pórfida de la montaña cercana á la cumbre, se pueden recoger ejemplares de arenisca verde poco modificada.

En la parte baja de la manifestacion pórfida de Chichíndaro, al Sur, y sobre todo en la cuesta de las Atoleras, se presenta una verdadera toba gris clara de diversos tintes, formada de los elementos detríticos del pórfido, cuyo cimento es arcilo-silizoso, y cuya formacion parece proceder de fenómenos hidrotermales que han corroido los granos cuarzosos. Entre estos depósitos se encuentran trozos rodados semejantes á la roca de la cúspide, en cuya masa más ó ménos kaolinizada, no es raro encontrar los huecos bien definidos adonde estuvieron incrustados los cristales de feldespato. El estado arcilloso de la base parece denunciar una accion suficientemente enérgica para despojar á la roca del silicato alcalino, así en estos trozos desprendidos, como en el macizo que forma la cima.

En la misma montaña, bien sea en el macizo ó bien en los trozos rodados, existen variadas transiciones de los pórfidos ya descritos, de unos á otros segun la manera de asociacion de sus elementos. Bajo la forma perlítica, por ejemplo, se presenta un pórfido de glóbulos con capas concéntricas calcedoniosas, claramente ligado al piromérido descrito.

El aislamiento de los fenómenos porfíricos manifiestos en el Cerro del Muerto y en el de Chichíndaro, y la manera como se presentan, indican la existencia de chimeneas de escape de emanaciones basálticas; de verdaderas fumarolas gigantescas, que fue-

ron las que constituyeron esas cúspides de metamorfismo, desde luego directamente por las acciones basálticas, y despues de una manera indirecta, por las acciones hidrotermales que claramente siguieron.

Nuevas y muy claras pruebas, en el curso de mis exploraciones geológicas, obtuve inesperadamente en un sitio de corta extension, y acumuladas de tal modo, que fácilmente se abarcan en conjunto y en detalle, en la vertiente Sur de la más elevada montaña guanajuatense, llamada "La Giganta" [cuya cúspide se encuentra á una altura absoluta de 2936 metros 4 decímetros], que á la vez es la manifestacion basáltica más franca y enérgica de esta serranía.

La principal y más encrespada masa de la montaña está formada por el basalto y por rocas basaltificadas; pero hácia su base, en donde el declive toma un curso moderado, aparecen los pórfidos de base feldespática, de colores variados, y con abundantes cristales incrustados de plagioclasia. Siguiendo el descenso sobre estos pórfidos (que suele reconocerse que proceden de conglomerados por los fragmentos incrustados que dan á la roca cierta semejanza con el que se presenta en las inmediaciones de la mina de Belgrado en los depósitos superiores), cerca del Rancho del Terrero (que se encuentra á una altura absoluta de 2333 metros) comienzan á manifestarse capas quebradas y alteradas de losero, en parte trasformadas en ópalo, de colores variados, y á veces bellamente matizadas por las intrusiones opalinas. Junto al caserío del Rancho, el losero, aunque fracturado en sus capas, se presenta ya marcado, de grano muy fino, de un color general amarillento tirando á pardo claro, con listas angostas y muy angostas paralelas, demostrando su orígen sedimentario. Al primer golpe de vista se destacan estas capas en el paisaje general del terreno, por su color claro sobre el fondo general gris de la montaña y de sus vertientes. Además, el material que de ellas procede está muy á la vista, supuesto que con él están construidas las cercas de las rancherías del Terrero y de la Capilla.

El descenso general de la montaña y del terreno termina hácia el Sur, en el Rio del Gigante, á una altura absoluta de 2210 metros, en donde asoma una hermosa dolerita porfiroide negra y parda, con gruesos cristales de labrádor y aun quizá corroidos de

sanidina, encerrando granos de olivino y algunos silizosos con cambiantes azulinos.

No es posible, pues, dudar que el giron sedimentario interpuesto entre la cumbre y el Rio del Gigante, descansando sobre las vertientes de la montaña, haya dejado de ser metamorfoseado por el basalto mismo y por las emanaciones que de él han tomado su orígen.

Este metamorfismo ha sido, pues, la causa engendradora de un grupo de pórfidos, diferentes á primera vista por su aspecto litológico, pero completamente identificados por su procedencia simultánea, derivada de las acciones basálticas.

En las cercanías de los Gigantes, en las montañas y barrancas, no es ménos instructivo el exámen de las rocas metamorfoseadas por el basalto. Por ejemplo, en el camino de la Luz para esa montaña culminante, pasado el mismo Rio del Gigante, en la subida del Zapote, se presentan las capas de conglomerado guanajuatense más ó ménos afectadas, trasmutadas en pórfidos abundantes de plagioclasia, y el óxido de hierro anhidro de la roca se ha concentrado en fajillas que obran ya sobre la aguja imantada. Más arriba, siguiendo el cordon montañoso de Castellanos en ascenso, la estratificacion casi desaparece, los feldespatos se presentan de igual modo; pero el anhidróxido de hierro ántes segregado, se le encuentra en via de concurrir, por medio de sus afinidades, á individualizar algunas especies mineralógicas; así es que aparecen entre las manchas rojas granitos de olivino y de fayalita.

Puede decirse, segun lo manifestado, que estos pórfidos, productos del metamorfismo basáltico, no son más que el bosquejo de un basalto que llega á definirse si las condiciones de formacion son favorables.

Una de las circunstancias que preludian la basaltificacion de estas capas sedimentarias, consiste á veces en la interrupcion de los estratos por el desarrollo de una estructura globosa ú orbicular en grande ó en pequeña escala, con capas concéntricas bien definidas ó simplemente bosquejadas. Como ejemplo en pequeño, citaré las capas de conglomerado franco al pié del Gigante, camino de Castellanos, trasformadas en pórfido, y fraccionadas bajo una accion orbicular, aparente por las listas angostas de anhidróxido de hierro contorneando la superficie de los trozos segregados de

las capas. Como ejemplo en mayor escala, citaré las capas de conglomerado en la vertiente que mira al Norte, al entrar á la cañada de la presa de San Renovato, arriba de la de la Olla, perturbadas en su sobreposicion por la estructura globosa diseñada en grande escala por emanaciones basálticas, denunciadas en el terreno por manchas blanquecinas. Quizá aun la forma arredondada de las cimas de algunas de las montañas formadas de conglomerado, se deba á la estructura esferoidal en grande escala provenida de las acciones basálticas.

Despues de estas observaciones, no pude ya dudar que las acciones basálticas engendraron por metamorfismo esa serie de pórfidos que con justicia clasificó Burkart como traquíticos.

Las acciones basálticas no solamente se han ejercido sobre las capas de arenisca verde llevadas á grandes elevaciones sobre el nivel del mar, por el desarrollo de esos fenómenos sobre una dilatada escala, sino que, como era de prever, se ha extendido su influencia sobre algunas regiones de conglomerado rojo, y aun sobre la formacion esquisto-hornbléndica; de manera que hay zonas afectadas por el metamorfismo diorítico, al cual se ha venido á sobreponer el basáltico, constituyendo regiones pequeñas de doble metamorfismo, dignas de un estudio detallado.

El basalto y sus emisiones en las montañas guanajuatenses se han abierto paso franco en detalle; á reserva de explicar más adelante las grandes salidas de esta roca:

1º Bajo la forma de diques de trayectos y direcciones inconstantes, que asoman al exterior con los caracteres de la roca compacta, negra agrisada en el interior, parda rojiza superficialmente por la oxidacion, de base labradorítico-piroxénica, mostrando escasos cristalillos microscópicos de feldespato, como el dique que se presenta entre la Presa de la Olla y la de San Renovato, en la ladera que mira al Sur. Su salida franca apénas ha ejercido un *metamorfismo de contacto*, limitado á cortas bandas sobre el conglomerado rojo.

2º Bajo la forma de comisuras llenas de dolorita en bolas de cascos concéntricos, producidas bien sea por la salida lenta de una masa que pudo cristalizar, ó bien engendradas por el *metamorfismo de influencia*, sobre la roca de las grietas. En la Mesa de Calderones, desde junto al Panteon, se presentan diques de este

tipo, particularmente en direccion de las Bufas. La dolerita de base labradorítica contiene abundantes cristales de feldespato vidrioso hendido, entre los cuales me pareció encontrar la sanidina, y abunda tambien en granos de olivino amarillo melado tirando á rojo.

3º Bajo la forma de comisuras reconocibles en el exterior por la afectacion de la roca en direcciones inconstantes, ligadas con mucha frecuencia á los diques francos, que denuncian su orígen, como los ramaleos producidos por el dique basáltico de la Presá de la Olla, en las laderas de las montañas que miran á la hacienda de San Francisco de Pastita. Es notable observar la basaltificacion incipiente de la roca en las inmediaciones de esas grietas; y este hecho demuestra claramente que si el basalto, bajo la forma de dique asomando al exterior, produce un metamorfismo de contacto apénas apreciable, en los ramaleos de los diques, que pueden tomarse como expansiones subterráneas ramificadas de la misma roca, su accion metamorfoseante, que pudiera estimarse atenuada, se presenta, sin embargo, más activa, indudablemente por ejercer esta accion sobre la masa que impide el paso libre á las emisiones gaseosas, entre las cuales el vapor acuoso ocupó un gran lugar, segun lo demostraré; emisiones que seguramente dejó escapar el basalto, y que en virtud de la presion que engendraron, se trasporaron por las rocas, basaltificándolas más ó ménos.

4º De una manera tubiforme, por chimeneas que han dejado escapar emisiones enérgicas que han basaltificado las rocas comarcanas á las deyecciones, como aconteció y queda descrito, en lo relativo á los Cerros del Muerto y de Chichíndaro.

Del exámen de este conjunto se puede deducir que el gran levantamiento regional, habiendo sido originado por las poderosas acciones basálticas, tan extensamente representadas en todo el país, han desarrollado en gigantesca escala sus enormes emisiones gaseosas que se han filtrado á través de las rocas, preferentemente de las sedimentarias, como más porosas y ménos resistentes, y el tránsito de ellas ha producido de una manera hidrotermógena la variada trasmutacion en pórfidos de las masas atravesadas. Lo que equivale á decir que estos pórfidos hidrotermógenos representan la basaltificacion más ó ménos avanzada de las rocas sedimentarias preexistentes.

El inteligente profesor mexicano D. Mariano Bárcena, hablando de la República mexicana, presenta la siguiente observacion:[1]

"El basalto está relacionado á los pórfidos volcánicos y á las traquitas, y con frecuencia se ve que una de esas rocas pasa á las otras por grados insensibles." La exactitud de esta apreciacion se puede reconocer sobre las grandes regiones del país en donde el basalto ha ejercido su poderosa influencia de una manera bien sea clara ó bien más ó ménos encubierta. Respecto de Guanajuato, creo haber demostrado el estrecho enlace existente entre los basaltos y los pórfidos traquíticos.

Pasada la energía poderosa de los fenómenos basálticos, cuando la temperatura y la presion habian declinado mucho, surgieron sobre los mismos diques, grietas y chimeneas engendradas por esas acciones, corrientes hidrotermales cargadas de sílice, que impregnaron de cuarzo las rocas comarcanas, en las cuales se individualiza bajo la forma de vetillas calcedoniosas, segun puede observarse en los diques mismos y en sus inmediaciones, caminando de Calderones hácia las Bufas. En estas regiones abunda la sílice harinosa hidrotermal, que á mi ruego examinó al microscopio el inteligente naturalista Mr. Alfredo Dugès, sin encontrar en ella restos de infusorios.

Hácia las cumbres más elevadas de Santa Rosa, las emisiones silicíferas tomaron el suficiente desarrollo para impregnar las masas, en términos de formar pórfidos con base de semi-ópalo, que pasa á veces á sílex córneo. Descendiendo de Santa Rosa hácia la Cañada del Aura, camino de Dolores, el metamorfismo de la arenisca verde es tan intenso, que apénas se pueden encontrar lunares reconocibles de la roca fragmentaria. Los diques basálticos hasta el pié oriental de la serranía, toman una forma de vitriófido (pórfido de base piedra pez, *Pechstein porphyr*) un poco abajo de los Ibarras, ó escoriosa y esponjosa, acentuándose su paso hácia lavas á modo de *tezontle*, cerca del Rancho de la Cantera. Las emisiones silicíferas hidrotermales enérgicas, han llenado en gran parte los ojos ó huecos del basalto escorioso, produciendo un bello amigdalario, con amigdalitas huecas ó macizas de variados tamaños, las unas de calcedonia blanca ó gris de humo, y las

1 *Tratado de Geología.*—México.—1885.—Pág. 192.

otras de un bello ópalo blanco. La individualizacion de la sílice en los huecos de estas rocas, no se debe á exudaciones como las de hialita que contienen algunos basaltos y tezontles de las cercanías del Valle de México, sino á verdaderas invasiones posteriores á la consolidacion de la roca.

En la subida de Santa Rosa, Cañada del Aura, los poderosos fenómenos de metamorfismo y de dislocacion, revelados por el aspecto de la roca y por los enormes acantilados que presenta hácia el Oriente, fueron seguidos de emisiones silicíferas, que invadieron la masa de un pórfido esferolítico cavernoso, que hoy se presenta con glóbulos blancos calcedoniosos ú opalinos, ó bajo la forma de estructura esferoidal con huecos, ó bien con intrusiones en medio de la roca, que se encuentra invadida por un hermoso ópalo de fuego, hialino ó traslúcido, semejante al de Zimapan; ópalo que llevado por Humboldt, se hizo notable en Europa.

Supuesto que estas rocas porfídicas guanajuatenses provienen de la basaltificacion de las sedimentarias preexistentes, su trasmutacion simultánea se debe á las mismas causas; no obstante, las reuniré para su clasificacion en grandes grupos, de la manera siguiente:

1º Pórfidos de metamorfismo más avanzado, que establecen la transicion á doleritas, caracterizados por el color más ó ménos oscuro de la base labradorítica, tirando á negro pardusco y agrisado, incrustando cristales de plagioclasia, y aun quizá de sanidina hendidos, de colores claros ú oscuros, y granos de olivino amarillo y negros de fayalita. (Cerro del Muerto, diques en la Mesa de Calderones, Cerro de Solano y demas sitios ántes citados.)

2º Pórfidos de base suficientemente feldespatizada para dar poco olor arcilloso, generalmente de colores rojo cereza claro, pardo rojizo, amarillo de Isabel, rojo de carne, gris de diversos tintes ó verdoso, con abundantes cristales de feldespato vidrioso, escasos ganos de cuarzo hialino y muy escasas pajitas de mica negra. La avanzada feldespatizacion de la masa coincide frecuentemente con la desaparicion por grados insensibles de los caracteres sedimentarios y de su aspecto fragmentario, y trae consigo además cierta fragilidad, que unida á su dureza, lo hacen inadecuado para la labra, y por consiguiente para usarlo en sillares. Chispea

ligeramente con el eslabon, y puede decirse que constituye las variedades que representan, despues de las anteriores, el metamorfismo más avanzado de tipo ménos ácido. El color rojo pronunciado indica la riqueza en peróxido anhidro de hierro. Los dos cruceros de la roca para romperse en grande escala, son imperfectos, pero determinan en la cantera su fractura en prismoides rectangulares. En pequeño se rompe en fragmentos agudos, debido á su textura concoidea imperfecta. (Cercanías de la mina de Belgrado, en donde se manifiesta fragmentario; canteras de Solano, de donde se extraen las piedras para arrastre, abajo de las cuales aparece estratificado; inmediaciones del Picacho de la Cantera al Oeste de Guanajuato, canteras abandonadas; al Sur de la hacienda de amalgamacion del Cubo; cercanías de algunos diques de Calderones á las Bufas; pié de la montaña de la Giganta, etc.) Provienen de un metamorfismo ménos enérgico que el primer grupo. La roca de este tipo, que ha conservado sus cruceros de estratificacion, es la aprovechada en diversas poblaciones del país para la extraccion de baldosas, (por ejemplo en Zacatecas, Ojocaliente, Pinos, San Luis Potosí). Cuando no se presta por su fragilidad á la labra de las orillas, la llaman "losa de monte." Este pórfido, en su conjunto general, fué designado por Humboldt con el nombre de *pórfido metalífero.*

3º Capas de arenisca verde imperfectamente trasmutadas en pórfido, de base más ó ménos feldespatizada, pero bastante arcillosa, encerrando fragmentos correspondientes al conglomerado, y escasos cristales de feldespato vidrioso. Más blando que los anteriores, á los cuales pasa por transiciones insensibles, su arranque en sillares ó cuartones se efectúa fácilmente, pero en Guanajuato no tiene aplicacion industrial. Esta roca es la predominante entre la arenisca verde metamorfoseada, y establece el paso entre los pórfidos metamórficos y las capas de conglomerado sin alteracion.

Estos tres tipos de pórfidos corresponden á las rocas que ó no han sufrido metamorfismos hidrotermales posteriores, ó al ménos sus modificaciones no se hacen notables á golpe de vista. Los que siguen á continuacion, son pórfidos más ó ménos trasformados en su naturaleza por dichas acciones posteriores.

4º Pórfidos de base feldespática alterada por una accion arci-

lificante, que á veces ha llegado á kaolinizar los cristales de feldespato vidrioso, pero ha dejado intactas las escasas hojillas de mica negra que contiene. Existen en escala transiciones graduadas de pórfido á arcilófidos con cristales más ó ménos alterados de feldespato, de los que á veces no existen más de los huecos que ocuparon. Sus colores son claros, desde el blanco agrisado hasta los rojizos, verdosos y grises. Dureza, generalmente que suele pasar de 4 á 5 de la escala de 12. Esta roca, llamada comunmente *cantera* en las poblaciones del país, es muy usada para el exterior de puertas y ventanas, y aun para la construccion de edificios, por su docilidad para la labra, y por los colores agradables que presenta, gris claro y rojo rosado. Casi todas las ciudades del interior del país usan canteras de esta naturaleza. En las cercanías de Guanajuato, en donde siempre se da la preferencia al losero, existe en las inmediaciones del Picacho de la Cantera y en algunos sitios cerca de las Bufas. Las capas de metapórfido que descansan sobre la esquista, están arcilificadas de un modo análogo, pero conservando una densidad superior á la de los demas arcilófidos de la comarca. Corresponden á esta especificacion los descritos situados cerca de la cumbre en el Cerro de Chichíndaro.

Algunos tramos de las capas de arenisca verde poco metamorfoseadas, han sido tambien arcilificadas de igual manera, y presentan un color blanco y poca dureza, sin manifestar ni cristales incrustados ni vestigios de ellos en su masa.

5º Pórfidos de las variedades anteriores, impregnados de sílice por acciones hidrotermales silizosas, procedentes de las regiones de metamorfismo más enérgico. Ocupan por consiguiente superficies de menor extension que los de la tercera y cuarta clase, y están asociados generalmente en el terreno con los de la primera y segunda clase, ya descritos. Sus colores son variados, de bases claras y oscuras que chispean de un modo franco con el eslabon, á excepcion de alguna de las subvariedades en que la sílice más bien se ha individualizado de una manera esferolítica, dejando sin impregnar parte de la base, que ha quedado blanda. Los cristales de feldespato vidrioso, si aparecen, generalmente se encuentran hendidos ó resquebrajados unos, y los otros intactos y lustrosos, como indicando dos períodos de formacion, ó bien una accion feldespatizante coexistiendo con la cuarcificante, y las hojitas de

mica ilesas. La sílice se individualiza de tan distintas maneras en esta variedad, que á primer golpe de vista el observador puede desorientarse con los numerosos aspectos que la roca presenta en un pequeño espacio, y con más razon de un sitio á otro.

En las Canteras de Solano, de donde se extraen ahora grandes cantidades de pórfido para el material triturador de los arrastres, se puede observar cómodamente el agrupamiento de las distintas variedades especificadas. El silicífero aparece allí con base sonora, como la fonolita, de sílex córneo astilloso, de colores pardos más ó ménos rojizos, incrustando, además del feldespato vidrioso, esferolitas y granos ó bien calcedoniosos ó hialinos de cuarzo. En donde los granos únicamente aparecen hialinos, los cristales de feldespato están en parte kaolinizados, además de existir cristales intactos de segunda formacion. Las canteras cercanas ménos explotadas de la Carbonera, producen pórfidos ménos cuarcíferos, por encontrarse este elemento más bien concentrado en granos con tendencia á ópalo. Son por tanto más blandos, y esto explica por qué se le usa ménos para los arrastres.

En las cercanías del Picacho de la Cantera, al Oeste de Guanajuato, aparecen tambien agrupadas en la misma montaña casi todas las variedades descritas, y además la silicífera compacta, de base sonora como la fonolita, de sílex córneo, de textura concoidea imperfecta, de color pardo, pequeños cristales lustrosos de feldespato vidrioso, y algunos granos opalinos traslucientes con bellos reflejos azules que parecen cristales de sanidina hendidos. Esta misma variedad se presenta de otra manera muy comun en las regiones centrales del país, tal como la he descrito, pero con numerosos ojos ó huecos esferoidales de seis ú ocho milímetros de diámetro, llenos ó casi llenos de sílex pulverulenta cristalina, que suele pasar á calcedonia compacta, llenando por completo los ojos, y pasando por tanto al pórfido globular.

Este mismo, en el cual no se llenaron los huecos, tomando el cuarzo la forma esferolítica por la invasion de los ojos, lo he visto en el Estado de Zacatecas formando montañas de poca elevacion coronadas por mesetas planas y casi niveladas, cortadas por acantilados más ó ménos toscamente columnarios.

En las elevadas serranías al Sur de la ciudad de San Luis Potosí, formadas en su totalidad de pórfidos traquíticos, procedentes

tambien del metamorfismo de los depósitos sedimentarios, se presenta, entre otras, la misma variedad ojosa, con los huecos tapizados de cuarzo pulverulento y calcedonia. En el Puerto Colorado, cerca del sitio más elevado de la bien trazada carretera sobre las montañas del Oeste de la misma ciudad, y muy próximo al punto adonde asoma un lunar basáltico franco, se presenta igualmente el pórfido bajo la forma esferolítica, con los globuloides de calcedonia sin huecos. Hay en este pórfido, sin embargo, una circunstancia que no llegué á ver en los de Guanajuato. El cuarzo en granos hialinos se encuentra individualizado, no solamente sobre la masa de sílex córneo rojo cereza, sino aun entre la masa invasora de los granos calcedoniosos que tambien incrustan cristales hendidos y opacos, ó de caras intactas y lustrosas de feldespato vidrioso; lo cual indica a la vez combinadas de un modo enérgico y simultáneo las acciones cuarcificantes y feldespatizantes. Es probable que el estudio minucioso de los metapórfidos guanajuatenses, dé á conocer acciones dobles enérgicas análogas, supuesto que las he observado coexistentes de un modo débil. Estas acciones dobles parecen indicar la salida de fuentes termales, cuyas aguas traerian en disolucion, además de la sílice libre, silicatos alcalinos, ó aun quizá los mismos feldespatos ya formados.

En las cercanías del Picacho de la Cantera ya citado, al Oeste de Guanajuato, el pórfido ojoso declina en otro esferolítico, pero en el cual las esferitas aparecen ó bosquejadas ó enteramente formadas, y algunas de éstas, atacadas probablemente por agentes de disolucion, indican que los huecos proceden de una serie de trasformaciones hasta quedar las cavidades desocupadas, para despues llenarse de nuevo por invasiones silicíferas.

Estos pórfidos ojosos están asociados á otros de igual naturaleza, pero en las cuales los huecos afectan otra forma, la de comisuras alargadas siguiendo los planos de la estratificacion, en parte tapizadas por cuarzo blanco y arenoso cristalino. Por lo demas, el resto de la masa pórfida se encuentra bien definida bajo la forma de la variedad especificada ántes en segundo lugar.

A esta misma variedad corresponden el *piromérido* y la *liparita porfírica* de Chinchíndaro, ya descritas; las rocas de igual naturaleza situadas en las cejas montañosas más elevadas al Norte de Santa Rosa; las pequeñas manifestaciones de semi-ópalo de esta

misma localidad y las de los diques de Calderones, quizá último eco de los grandiosos fenómenos orogénicos locales, que demuestran con evidencia por su orígen hidrotermal, de dónde proceden estas invaciones silicíferas.

Además de estos sitios opalíferos, y del citado anteriormente al pié de la Giganta, en donde la sílice hidratada de variados colores aparece bajo la forma de verdaderas intrusiones entre la estratificacion de la arenisca verde, mencionaré la cuesta de la Palma entre la Luz y Harperos. como lugar de iguales intrusiones á las de la Giganta, nada más que aquí el ópalo se encuentra sobrepuesto á la calcedonia y al sílex córneo. La notable region de variados metamorfismos de las cercanías de los Picachos, al Oeste de Guanajuato, presenta tambien entre sus manifestaciones semi-ópalos de colores grises.

La cuesta ya citada, que del Rancho de la Palma asciende hácia el Norte sobre las vertientes del Rio del Gigante, es tambien un sitio interesante para la observacion del metamorfismo basáltico sobre los conglomerados que asoman por esa comarca, y hoy aparecen como variados pórfidos con estratificacion bien marcada, entre las ondulaciones acentuadas del terreno hácia la Cantera y el Rancho de las Cabras. De aquí para los Harperos, aparece el losero bien caracterizado, blando, arcilloso y de color claro, y siguiendo el arroyo, se encuentra la sobreposicion franca de estos conglomerados y pórfidos á la esquista. Por la vereda de faldeo en la cañada de la Cieneguita, aparecen trozos de conglomerado rojo franco, indicadores de que la trasmutacion en pórfido afecta no solamente á la arenisca verde, sino tambien al conglomerado inferior cuando el matamorfismo se ha podido ejercer sobre esta roca enérgicamente.

A este mismo grupo de pórfidos cuarcíferos se pueden asimilar los que asoman en las regiones inmediatas á las minas de Peregrina, Villalpando, La Loca, etc. La base de colores claros con tendencia al gris de perla, es de sílex córneo astilloso ó concoideo, que encierra apénas algunos granitos hialinos de cuarzo, y muy pocos cristales de feldespato.

Estos cinco tipos principales de pórfidos se mezclan de diversos modos, especialmente en las regiones de enérgico metamorfismo, y dan al terreno un aspecto variado á cortas distancias.

Estos mismos tipos los he encontrado muy extendidos sobre grandes superficies y grandes masas montañosas del país, originados por las mismas acciones basálticas sobre depósitos fragmentarios, que considero contemporáneos de los conglomerados de Guanajuato.

La energía basáltica ha ejercido más directamente su accion sobre las rocas sedimentarias que encontró sin metamorfosear, que sobre las hornbléndicas ó sobre aquellas afectadas de antemano por las emanaciones dioríticas; lo cual tiene una explicacion bien sencilla, supuesto que las ligadas con las dioritas ofrecian mayor resistencia para su fractura que los conglomerados, y su tejido molecular, habiéndose reforzado con el metamorfismo diorítico, se presentaron ménos accesibles á la trasporacion de las emanaciones basálticas para recibir este segundo metamorfismo.

Pudiera decirse que la constante y frecuente variacion de los pórfidos guanajuatenses revela su orígen metamórfico, supuesto que aparecen tan desiguales, no sólo de una region á otra, sino aun dentro de los límites de una misma montaña. En efecto, la breve descripcion que hice de los pórfidos del Cerro de Chichíndaro, manifiesta claramente los cambios tan frecuentes de la roca, debidos á las distintas fases que tomó la accion metamórfica, que ántes comparé con la de las fumarolas de los volcanes que tenemos á la vista; fumarolas que no arrojan productos sólidos, sino únicamente gaseosos y variables segun ciertas leyes bien reconocidas en la actualidad. Las fumarolas basálticas mexicanas, á manera de escapes de vapores á muy fuerte presion procedentes del interior del globo, debieron guardar en su respectiva escala la misma proporcion que tuvieron los grandiosos fenómenos orogénicos para hacer surgir de los mares la mayor parte de nuestro actual territorio, comparados con los del volcanismo á la vista, último y lejano eco de aquellos inmensos cataclismos basálticos.

Si como lo he admitido, la efluxion á través de los conglomerados, de los vapores y gases entre los cuales el vapor de agua sobrecalentado tomó una parte muy activa, fué la causa del metamorfismo que engendró los pórfidos, es natural deducir que esta accion, ejercida desigualmente sobre capas de composicion no del todo idénticas, debió producir rocas de aspecto y naturaleza variada, como en efecto aconteció. Esta hipótesis explica, pues,

las transiciones insensibles de las rocas sedimentarias hasta llegar á dolerita porfiroide, por una serie numerosa de eslabones.

La enorme presion de las emanaciones gaseosas ligadas á los basaltos, se deja reconocer en Guanajuato en una multitud de fenómenos de detalle, de los cuales citaré uno fácil de inspeccionar, y que á la vez ofrece grande interes por otras circunstancias. Tomando el camino de la ciudad para La Luz, se atraviesa por el célebre corte de la montaña llamada "Cerro Trozado." El conglomerado rojo estratificado se reconoce perfectamente, en este hermoso tajo, hácia cuya salida, y entre las casas del pueblecito de Rocha, se presenta notablemente afectado, su color oscurecido hasta pasar al negro, los fragmentos incrustados desaparecen, y la roca se manifiesta metamorfoseada. Pasando la depresion del terreno sobre la calzada, y desviándose del camino hácia la montaña para el Norte, se encuentra la sobreposicion del conglomerado á la diorita, pero tan poco marcada, que se hace difícil reconocer adónde acaba una roca y en dónde se inicia la otra. Continuando un poco el ascenso, se encuentra la diorita perfectamente definida: el descenso á más ó ménos distancia deja reconocer el conglomerado rojo; pero hay un intermedio en el que ambas rocas, de tan diverso carácter y de edad diferente, han sido obligadas á formar transicion de la una á la otra, y desde luego, ántes de conocer bien la asociacion de rocas de la localidad, podria llegarse á estimar que la diorita surgió posteriormente al conglomerado, y que su salida fué la causa del metamorfismo que estableció la transicion de éste á diorita. Quizá por algo análogo el Señor Burkart se fijó en la apreciacion siguiente: [1]

"La sienita y la diorita son evidentemente de formacion más reciente que la arcilo-esquista, y probablemente tambien más reciente que la del conglomerado rojo, si se pueden contar con aquella formacion las masas de dolerita que crestonean entre el conglomerado, como estoy dispuesto á creerlo." No obstante lo asentado por tan notable observador, las cosas han pasado de otra manera. Encerrando el conglomerado rojo los detritus de la diorita, seria preciso admitir la colocacion del conglomerado entre dos emisiones idénticas de esta roca, para que un fenómeno diorítico efec-

1 *Aufenthalt und Reisen in Mexico* tomo I. página 335.

tuara la transicion de que se trata; pero examinando la naturaleza del metamorfismo en la zona afectada, despues de haber estudiado é interpretado las acciones basálticas en las montañas de esta serranía, se percibe sin esfuerzo, que el dicho metamorfismo de transicion fué realizado por las emanaciones basálticas, que por donde quiera han penetrado en la superficie de union, principalmente en las regiones de sobreposicion de las dos formaciones, en donde no se encontraban sólidamente engranadas para resistir á la fractura. Si el conglomerado no deja reconocer al simple exámen macroscópico el orígen de esta accion, en cambio la diorita lo manifiesta claramente, por aparecer afectada en iguales términos que en otros sitios en donde indudablemente han obrado sobre ella las acciones basálticas.

Es conveniente llamar la atencion de nuestros observadores sobre esta especie de metamorfimo de *influencia*, que llamaré de *intersobreposicion*, porque puede fácilmente desorientar á quien recorra nuestros distritos mineros de una manera rápida, sin que llegue á apreciar el orígen de transiciones de unas rocas á otras de edad y de carácter muy diferente, por la influencia de unas acciones posteriores á la consolidacion de ambas.

Muchas localidades guanajuatenses podria citar, en que por esta especie de metamorfismo, el conglomerado rojo, aparentemente pasa á esquista por un intermedio, afectado, más ó ménos trasmutado en pórfido. La arcilo-esquista pasando á pórfido y aun á basalto directamente, es un fenómeno muy claro en donde el basalto mismo asoma, habiendo desgarrado la foliacion esquistosa, como aconteció en el Cerro del Cubilete.

No podria, sin extenderme demasiado, presentar algunas notas sobre este metamorfismo que he llamado de *intersobreposicion*. El estudio micrográfico de estas rocas, así como el de todas las que constituyen el macizo guanajuatense, es un asunto de profundo interes para esclarecer multitud de problemas litológicos ligados con nuestras cordilleras montañosas y con nuestros criaderos auro-argentíferos.

Efectivamente, levantados á considerables alturas gruesos depósitos sedimentarios, más ó ménos homogenizados por su simultánea trasmutacion en pórfidos, despojados de sus importantísimos caracteres fosilíferos, puede decirse que para abordar el

estudio de estas rocas es indispensable recurrir al microscopio polarizante, á fin de analizar la naturaleza de los metamorfismos sucesivos más ó ménos sobrepuestos en las diversas regiones.

Diré solamente, que la diorita enérgicamente afectada por la basaltificacion, pierde su hornblenda, quedando en su lugar manchas más ó ménos verdosas tirando á pardo de ocre, que afectan la forma de los granos, ó masas estriadas que fueron de esa especie mineral. La oligoclasia de la base se ha cuarcificado de tal modo, que ha perdido su tipo de feldespato, probablemente con las bases alcalinas, y ha pasado á ser un sílex córneo, blanco amarillento, entre cuya masa suelen aparecer algunos cristales nacarados ó vidriosos que parecen de ortosa tirando á sanidina. Como estos cambios en varios sitios se han realizado por trasiciones graduadas, es fácil recoger ejemplares escalonados para estudiar al microscopio estas trasmutaciones, siguiendo su desarrollo progresivo. Además de la falda Sur del Cerro de la Aldana, citaré como sitio de estas transiciones las cercanías de San Nicolás del Monte, en donde la esquista aparece tambien más ó ménos cuarcificada.

En aquellos sitios en que el conglomerado se sobrepone á la esquista, sin que aparezca veta en el contacto, esta última se encuentra más ó ménos afectada por las acciones basálticas, y aun trasmutada en pórfido en la faja de union, estableciéndose por este metamorfismo la transicion del conglomerado á la esquista de que ya hice mencion, como acontece en las regiones que del Este del Puente de Santa Ana, sobre la carretera de Silao hácia la falda Sur del Cerro Bayo, se extienden para el Oeste con direccion á los Picachos; regiones notables por la claridad y energía de los metamorfismos basálticos.

Superficies más ó ménos extensas ocupadas por la arcilo-esquista y la diorita, han sido modificadas por las emanaciones basálticas de una manera tal, que á no ser por las transiciones de estas rocas á sus tipos francos, seria difícil reconocerlas aisladamente; tal como lo es en el gabinete clasificar como esquista ó como diorita, ejemplares sin foliacion y aun sin bosquejo de ella, de aspecto homogéneo, de colores claros ó poco oscuros, del gris al verde, y aun al amarillo, de textura compacta granuda, que suelen hacer ligera efervescencia con los ácidos, con uno que otro

grano de cuarzo vítreo por una parte, y por la otra manchitas verdosas que parecen denunciar algo de lo que fué hornblenda. Este tipo de roca se hace notable en algunos tramos de la Cañada de Calera, y al bajo de la Veta Madre en la Cañada de Rayas, hácia la mina de "Flores de María." La falda Sur del Cerro del Cubilete es una localidad tambien á propósito para estudiar la basaltificacion de la esquista, trasmutada en pórfido con pocos pero bellos cristales de feldespato.

La basaltificacion de la diorita, cuando no es muy acentuada, se efectúa de una manera ménos franca, y apénas se reconoce por los huecos amigdaloides, llenos ó vacíos, que presenta. En la zona esquisto-diorítica que se extiende del Cerro Bayo á La Luz, se encuentran algunas fajas de terreno indudablemente afectado por estas emanaciones, supuesto que aun el basalto mismo con olivino suele dejarse ver, como se observa en la mina de San Pedro Gilmonene. En el sitio llamado "Las Cocinas," cerca de esta mina, sobre el camino de La Luz, se pueden reconocer las transiciones de diorita á basalto.

Considero el estudio detallado de este metamorfismo de importancia, porque si en Guanajuato la basaltificacion puede decirse que se presenta franca, en Zacatecas aparece encubierta, por no asomar en ningun sitio que yo haya reconocido, el basalto caracterizado; y únicamente por algunos indicios, como la presencia del olivino en la esquisto-diorita, su accion sobre la aguja magnética y su tendencia general á basalto en pocos sitios, y por la comparacion de las rocas con las de Guanajuato, se llega á la conclusion de que la diorita, la esquista y el conglomerado zacatecanos se encuentran notablemente afectados por las acciones basálticas.

Reasumiendo lo expuesto sobre los pórfidos de metamorfismo rápidamente descritos, diré:

1º Que en los alrededores de Guanajuato se puede reconocer con toda claridad, que un sistema poderoso de capas fragmentarias, procedentes sin duda alguna de un período geológico importante de sedimentacion, aparece, por bien graduadas transiciones, trasmutado en pórfido traquítico, que ó deja conocer su orígen por las huellas de la estratificacion y la naturaleza clástica de la roca, ó destruidos todos los vestigios de sedimentacion,

el pórfido metamórfico únicamente queda denunciado en su carácter por el paso insensible á roca estratificada.

2° Que estos pórfidos han sido engendrados por las acciones basálticas, obrando en sus distintas faces sobre las capas fragmentarias.

3° Que la manera de obrar de este metamorfismo basáltico, variable en intensidad para cada sitio, y modificado segun el curso y la forma de las emisiones, produjo agrupamientos de pórfidos diferentes bajo el punto de vista litológico, pero unificados por su procedencia, supuesto que cada tipo tomado aisladamente llega á reconocerse que converge hácia basalto.

Considero aplicable esta rápida síntesis procedente de mis observaciones sobre Guanajuato, á grandes regiones de la República mexicana, en las cuales figuran depósitos más ó ménos poderosos de rocas detríticas sedimentarias trasmutadas en agrupaciones de pórfidos; agrupaciones provenidas de los metamorfismos ejercidos por las acciones basálticas, denunciadas, bien sea por la presencia del basalto mismo ó de las rocas á él íntimamente enlazadas, ó por el cortejo de manifestaciones que le han acompañado y le han seguido.

A la mirada sagaz de Humboldt no se escapó la manera bien definida y sencilla con la que se presentan las grandes masas de nuestras montañas porfíticas. En efecto, se expresa en cuanto á esto de la manera siguiente: "La estructura de los pórfidos mexicanos es de una gran sencillez; forman un inmenso terreno no interrumpido por bancos intercalados.... Este desarrollo uniforme y no interrumpido de los pórfidos metalíferos y no metalíferos de la Nueva España, es un fenómeno que llama mucho la atencion; y se hace más difícil la separacion sistemática de los terrenos á rocas de pórfido y de traquita, en donde quiera que aquellos se sostienen inmediatamente."[1] Más adelante agrega:[2] "¿Cómo se distinguirán los mantos de pórfido traquítico de los pórfidos de transicion que los sostienen inmediatamente, cuando unos y otros, exceptuando una mezcla de obsidiana y de perlita, tienen una composicion mineralógica tan análoga?"

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, suplemento, traduccion castellana. —Paris.—1827.—Tomo V, págs. 37 y 38.
2 Obra citada, tomo V, pág. 54.

Burkart por su parte se expresa del modo siguiente:[1] "Dejando las llanuras de Atotonilco y de México, y caminando por la serranía que se levanta sobre ellas, sólo se descubre por donde quiera el pórfido y sus correspondientes acompañantes. Las observaciones que recogí en mis diversas expediciones por estas montañas, están consignadas en mi obra sobre México y relacionadas con las de Sonneschmid y A. von Humboldt.[2] Se descubre en esta tierra otra vez el mismo pórfido que aparece debajo de la almendrilla negra y ampollosa en diversos puntos del valle de México: en Chapultepec, Guadalupe, el Peñon de los Baños y otros. Forma grandes masas de montañas que se extienden desde el cerro de las Navajas, por el Real del Monte, Pachuca, Atotonilco el Chico, Santa Rosa y Actopan hácia Ixmiquilpan, y en toda esta extension ya se presenta con los caracteres de pórfido metalífero, ya con los de pórfido traquitico, sin que pueda señalarse un límite bien marcado entre estas dos especies de rocas, muy diversas ciertamente por su antigüedad. Aunque el pórfido traquítico de Europa se presenta generalmente léjos del pórfido metalífero más antiguo que él, se conoce, sin embargo, en Hungría un caso semejante, de un enlace tan íntimo de este pórfido con el traquítico.

"Los pórfidos traquíticos de la serranía del Real del Monte se presentan las más veces en las cumbres más altas, pero no es raro encontrarlos en lugares más bajos. Se distinguen por la mezcla de feldespato vidrioso, por las masas de esferolita que aparecen con ellos, y por la presencia de la obsidiana, el pórfido de piedra pez y el ópalo de fuego; sin embargo, este último no se ha encontrado hasta ahora más que en Zimapan.[3]

1 *Memoria sobre la explotacion de minas en los Distritos de Pachuca y Real del Monte, por el Dr. Juan Burkart, traducida del aleman por D. Miguel Velázquez de Leon. Anales de la Minería Mexicana.—México.*—1861.—*Pág.* 11.

2 Véase Mineralogische Beschreibung der vorzü glisten Bergwerksreviere von Mexico, 1804, 8º, página 5 y siguientes. A. von Humboldt, Essai politique sur la Nouvelle Espagne. Paris, 1811, 8º, tit. IV, página 6 y siguientes, y Essai géognostique sur le gisement des roches, página 179 y siguientes. Burkart, Aufenthalt und Reisen in Mexico, Band 1, página 63 y siguientes; página 116 y siguientes. *Nota del Sr. Burkart.*

3 El autor no tendrá sin duda conocimiento del criadero de magníficos ópalos finos, descubierto el año de 1851 en la barranca de Tepezala, por los Sres. D. Juan C. Hill y D. Juan Orozco, alumnos practicantes del Colegio de Mineria, pues aquí debiera citarlo.—(Nota del Sr. Velázquez de Leon.)

"Una cuestion que no se ha podido resolver hasta ahora, es, si el conglomerado de pórfido, claramente estratificado, que existe entre el Real del Monte y el Guajolote, cerca del rancho de Jesuantla, y que contiene muchos granitos trasparentes de cuarzo gris, corresponde al pórfido traquítico ó al metalífero, faltando observaciones sobre la posicion relativa de estas rocas y el conglomerado. El pórfido metalífero del Real del Monte, que para mayor brevedad llamaré en adelante pórfido simplemente, se presenta en los diversos puntos donde se encuentra, en muchas variedades que se pueden referir á las tres clases principales de pórfido feldespático, pórfido arcilloso y fonolita.

"El pórfido feldespático tiene una parte de feldespato compacto, ó de feldespato compacto íntimamente mezclado con siliza, y contiene cristales de feldespato, de hornblenda, y raras veces de cuarzo y mica.

"El pórfido arcilloso debe ser realmente una variedad del anterior, distinguiéndose de él por la menor cantidad de siliza y ménos consistencia de la pasta; pero contiene las mismas mezclas de cristales de feldespato y hornblenda, aunque el cuarzo es más raro.

"La fonolita se muestra subordinada al pórfido feldespático en muchos lugares, principalmente en algunos de la cañada del Real del Monte, entre esta poblacion y la mina de Moran. Esta fonolita es de una pasta gris oscura que se acerca á la de grano fino, y sólo contiene uno que otro cristal largo y delgado de feldespato y de hornblenda; accidentalmente contiene tambien pirita. Esta roca se subdivide fácilmente en placas delgadas.

"Comunmente se presentan estos pórfidos en masa; tambien en prismas irregulares ó separados en hojas delgadas. Esta subdivision del pórfido en placas se muestra en muchos puntos tan clara, tan regular y tan en grande, que examinada ligeramente se podria tomar por estratificacion; sin embargo, en algunos puntos la presenta el pórfido efectivamente. En la cañada del Real del Monte, hácia Omitlan, no se observa esta estratificacion; aparece allí el pórfido en bancos no muy grandes, dirigidos de 45° á 75° Noroeste, y desviándose unas veces al Norte y otras al Sur. Entre el Real del Monte y Pachuca se observa la estratificacion del pórfido, y conforme se acerca á este último lugar, cambia de rumbo de

las capas á 15° Noroeste, por lo cual su inclinacion se dirige al Oeste."

No he podido resistir al deseo de trascribir este párrafo íntegro de Burkart, que llena cumplidamente mi objeto respecto de la materia que he venido tratando, pues expresa de una manera bien clara el íntimo enlace que encontró entre los pórfidos metalíferos y los traquíticos, y sus relaciones por determinar con un conglomerado de pórfido, pasaje en el que efectúa una clasificacion litológica de los mismos pórfidos, y en el que manifiesta de una manera recalcada que éstos aparecen estratificados.

Es verdaderamente notable que á dos viajeros tan experimentados como Humboldt y Burkart se haya escapado el íntimo enlace que en el territorio mexicano tienen las dos clases de pórfidos que ellos llamaron de *transicion* ó *metalíferos* y *traquíticos*. Ambos convienen en que es muy difícil distinguirlos por sus caracteres litológicos y por los de yacimiento; y sin embargo, ni uno ni otro se resolvió á reunirlos como decididamente traquíticos, y como pertenecientes á la misma época de formacion. El deseo de identificar estos pórfidos con los respectivamente análogos observados en Europa, colocados marcadamente en épocas de orígen muy diferentes, les obligó á desasociar en México aquellas rocas que indudablemente están unidas, por ser de igual edad y de las mismas circunstancias generales de desarrollo; es decir, que en realidad esa pretendida distincion entre *pórfido metalífero* y *pórfido traquítico*, ni existe de hecho, ni hay tampoco un motivo que justifique esa division artificial.

El basalto mismo originador de la gran masa de pórfidos metamórficos mexicanos, es, segun he podido observar, la causa primordial del desarrollo de nuestros más importantes criaderos metalíferos; si bien no directamente, pero sí indirectamente, porque el final de las emanaciones basálticas más desarrolladas en el país, estuvo caracterizado por el desarrollo de esos criaderos, que en muchas localidades, como en Guanajuato mismo, en Catorce, en Ramos, etc., cruzan á los diques ó manifestaciones basálticas francas; en consecuencia, el epíteto de metalífero á determinado pórfido, no le corresponde porque éste haya sido el originador de estos criaderos, ni tampoco porque su masa sea la única que encajona esas masas metalíferas. Así pues, hoy no veo fundamento

para sostener semejante clasificacion, oportuna en una época en la que, ignorándose cuáles eran los vínculos de union entre las rocas constitutivas de nuestros distritos mineros y las vetas auro-argentíferas radicadas en ellos; notándose la coincidencia de radicacion de estas vetas con la presencia de esos picos elevados, caprichosos y bizarros, muy generalmente llamados bufas, formados por roca porfírica, bien se pudo llamar á ésta *pórfido metalífero*, fundándose en la dicha coincidencia entre su presencia y la riqueza en metales preciosos, notada en las inmediaciones de esa roca. Una vez que las observaciones posteriores están demostrando que entre ese pórfido y los criaderos de metales preciosos, no existe más union que la correspondiente á dos series de fenómenos procedentes de una misma causa, debe en mi concepto abandonarse la clasificacion de pórfido metalífero.

En cuanto á que entre estos pórfidos haya algunos del período paleozoico, diré solamente que no los he llegado á ver en mis viajes por el territorio. La serie de rocas eruptivas que hasta ahora he observado, pertenecen en su totalidad, segun me ha parecido, á la serie ígnea de rocas modernas posteriores al período cretáceo. Quizá existan en el país macizos eruptivos de rocas paleozoicas ó de los períodos inferiores del mesozoico; pero hasta hoy no he tenido ocasion de visitarlos.

## BASALTO.

En las páginas anteriores, al tratar de los pórfidos metamórficos guanajuatenses, me fué preciso anticipar las descripciones relativas á las manifestaciones basálticas francas, que asoman, bien sea bajo la forma de diques, ó bien bajo la de comisuras de metamorfismo, claramente ligadas á los diques, y por tanto de naturaleza bien definida. Esta anticipacion me fué indispensable, para dar á conocer la estrecha union que liga los variados metamorfismos de la arenisca verde con los fenómenos basálticos. Así pues, paso ahora á describir los yacimientos de basalto en mayor escala, situados principalmente en las regiones occidentales del grupo

montañoso de que me he venido ocupando; yacimientos que se elevan hasta formar las cúspides prominentes de estas montañas, en las nombradas La Giganta, á 2,936 metros, y El Gigante, su compañero, á 2,884 metros de elevacion absoluta.

El cono basáltico del Cubilete, situado al Noreste de Silao, sin embargo de que visto desde esta poblacion se presenta de una elevacion notable, débese esto al contraste de las alturas que se levantan sobre el plano de la llanura, formando el perfil que limita el horizonte, entre las cuales ocupa el primer lugar el Cubilete, con una altura de 802 metros sobre Silao, á una distancia horizontal de 9½ kilómetros, pequeña relativamente, y por tanto la montaña se destaca encrespada, no obstante que su elevacion absoluta es de 2,560 metros, ó bien 376 metros abajo de la Giganta.

El basalto casi franco asoma principalmente concentrado en las cúspides citadas; pero se encuentra tambien bajo la forma de expansiones superficiales más ó ménos irregulares y extensas.

Las montañas de la Giganta y del Cubilete, de vertientes muy rápidas, y cimas formadas por grandes picos más ó ménos cónicos, ó por una ceja en forma de espinazo de corta longitud (La Giganta), denuncian emisiones basálticas procedentes de grietas ó chimeneas crateriformes, hoy enteramente cegadas [volcanes homogéneos de algunos autores]. El cono del Cubilete, en su parte más encrespada, por el lado que mira al Noroeste, tiene 100 metros de altura vertical. Los picos de los Gigantes no tienen ménos de 300 á 400 metros de altura en las regiones más abruptas.

Al visitar estas montañas, se hace notable sobre las mesillas que forman su cima, no encontrar el basalto enteramente franco, como se podria suponer. En todas ellas aparece la roca en lo general más ó ménos arcilificada, especialmente en el Cubilete, en cuya cúspide el basalto se ha trasmutado en una roca arcillosa, color rojo cereza tirando á albérchigo, con algunos cristales de feldespato kaolinizados, y pocos granos de cuarzo resquebrajados. Las comisuras aparecen tapizadas de hojillas microscópicas de hierro espejado ú oligista, y sin embargo, los ejemplares de la roca ejercen poca accion sobre la aguja magnética.

El exámen de las vertientes del cono deja reconocer la presencia del basalto franco, pero más ó ménos afectado por la arcilificacion; así es que la roca se encuentra mosqueada de rojo albérchigo con

manchas de color negro agrisado, ó vice versa, denunciando estas transiciones de color, las de la roca arcilificada con el hierro diseminado que le da el tinte rojizo, que pasa á la variedad negra agrisada de aspecto basáltico claro. Esta roca negra agrisada forma las vertientes del cono por el Noroeste, un poco abajo de la cima, presentándose laminada ó divisible en lajas, pero afectada algo por la arcilificacion. La base labradorítico-agujética se encuentra reconocible; pero los cristales de feldespato están más ó ménos kaolinizados, y los granos de olivino se muestran serpentinizados ó esteatificados más ó ménos por su trasmutacion parcial en silicatos hidratados de magnesia. En este estado la roca ejerce aún poca atraccion sobre la aguja magnética.

Hácia el pié oriental del cono del Cubilete, se presentan fragmentos escoriosos de basalto arcilificado en su masa y en sus cristales de feldespato vidrioso, y los ojos se encuentran tapizados de esteatitas, que parecen denunciar la desaparicion del olivino por la hidratacion, y despues por el trasporte mecánico de la masa resultante que dejó los huecos casi vacíos.

Aparecen aquí tambien fragmentos de pórfidos con base de silex córneo de colores claros, pardo y rojo, encerrando cristales resplandecientes y resquebrajados de feldespato vidrioso, granos de esteatita, probablemente producto de la descomposicion del olivino, granos de cuarzo trasparente más ó ménos opalino, y en fin, como intrusiones más recientes, interposiciones fluidales de calcedonia blanca de leche pasando á gris de humo, bajo la forma de venas irregulares.

Cerca de la cúspide de la montaña, y hácia la parte del Oeste, se manifiestan á manera de grandes acantilados ó escarpaduras, considerables masas de brechas basálticas arcilificadas.

De la observacion de este conjunto se desprende que la manifestacion que en esta montaña del Cubilete se presenta, es basáltica franca, modificada posteriormente por deyecciones hidrotermales, ó quizá de vapor de agua en la cumbre misma, en una escala poderosa, en términos de haber modificado con su accion la casi totalidad de la masa basáltica.

Una ojeada general sobre el conjunto topográfico de este terreno, deja conocer la existencia de un gran escalon originado por el levantamiento basáltico. En efecto, las regiones bajas del Oes-

te son las llanuras cuaternarias de Silao, á una altura absoluta de 1,760 metros; las del Este pertenecen á las montañas dioríticas de la Luz, con cumbres elevadas á 2,400 metros, y estando la cúspide del Cubilete á 2,560 metros, aparece bruscamente levantada sobre la llanura inmediata. La cumbre de Chichíndaro, que fué un respiradero basáltico á 2,532 metros de altura absoluta, en armonía con la del Cubilete, parece indicar hasta dónde se han elevado estas regiones montañosas sobre las llanuras comarcanas, por la acentuacion de los fenómenos basálticos sobre determinadas superficies.

La brusca elevacion del terreno comprendido entre el Cubilete y la Giganta, sobre las regiones de la llanura, dió por resultado poner á descubierto en gran parte de este escalon la formacion esquisto-diorítica, y los conglomerados sobrepuestos aparecen en girones más ó ménos trasmutados en pórfidos por las emanaciones basálticas. Los mismos conglomerados que se encuentran en las regiones bajas cerca de la llanura, aparecen á la vez con este carácter y con el de pórfidos.

En las lomas al Noreste de Silao y al Oeste de Aguas Buenas, aparecen concreciones cuarzosas engastando fragmentos de basalto. Esto prueba que la accion hidrotermal no se limitó á la simple cumbre del Cubilete.

La manifestacion basáltica de los Gigantes es semejante á la del Cubilete, pero más enérgica. La roca de la cumbre de la Giganta, ligeramente afectada por acciones hidrotermales, apénas se encuentra arcilificada, y los ejemplares obran sobre la aguja imantada con mayor intensidad que los del Cubilete; así es que el arcilo-basalto rojo apénas se presenta de una manera incipiente en la Giganta, bajo la forma de basalto negro agrisado mosqueado por el color rojo albérchigo; pero en general puede decirse que la roca negra agrisada, con tendencia á dividirse en lajas, es la dominante en la cima y en las encrespadas vertientes. Me ha parecido, sin embargo, notar por el aspecto de este basalto, que su fusion no ha sido enteramente anhidra, sino que pertenece á una clase de rocas sobre las cuales se expresa del modo siguiente Mr. Daubrée:[1] "Si fuera preciso emitir una hipótesis sobre esta

1 *Etudes Synthétiques de Géologie Expérimentale.* Paris, 1879, pág. 232.

singular asociacion del agua con las rocas eruptivas dotadas de una elevada temperatura, seria necesario considerar estas masas hidratadas como una solucion muy espesa de silicatos, como el producto de una especie de fusion acuosa que se sostiene de una manera persistente debido á la presion."

El profesor mexicano D. Mariano Bárcena ha hecho iguales observaciones á las mias.[1] "Hay que agregar, dice, respecto de los pórfidos volcánicos de México, que en muchas ocasiones presentan caracteres indicantes de que son de orígen hidrotermal, ó á lo ménos que cuando aparecieron estaban bastante blandos á causa del agua que impregnaba su masa, pues se observa en ellos muchas líneas onduladas conteniendo siliza hidratada, y materiales que quedaron como dirigidos segun las corrientes de las sustancias fluidas que les acompañaban: tambien se notan en la masa de los pórfidos algunas concreciones de ópalos, hialita, etc., así como de óxidos de hierro y de estaño, que deben ser, á no dudarlo, de orígen hidrotermal."

En el basalto de la Giganta se notan líneas finas blancas, rectas unas veces, curvas ó sinuosas en otras, que manifiestan el crucero de lammacion de la roca. No es raro encontrar entre las caras de union de estos cruceros, ó cerca de ellos, silicatos hidratados y aun cuarzo hidrotermal, que determinan la fusion hidrotermógena de la roca, que llamaré hidro-basalto, para distinguirla de la que aparece enteramente anhidra, por no haber en ella nada que denuncie una fusion acuosa.

Este basalto hidrotermógeno, que con mucha frecuencia se encuentra en el país, merece analizarse con el microscopio, á fin de reconocer la manera de agruparse de sus elementos, y el estado de alteracion en que éstos pueden encontrarse. Efectivamente, desde luego en esta roca el olivino aparece escaso, opaco, á manera de algo alterado, y en granos más pequeños, si es que á la lente puede reconocerse, y es de presumirse que éste y los demas silicatos anhidros de primera consolidacion se encuentren más ó ménos afectados, y si los hubiera de segunda consolidacion, probablemente encerrarán inclusiones capaces de mostrar la fusion acuosa de la roca.

1 *Tratado de Geología.* México, 1885, pág. 190.

Por lo demas, en las laderas de la Giganta, como en las del Cubilete, se encuentran cantos sueltos de un basalto escorioso rojo cereza, con ojos vacíos de aspecto análogo al tezontle, y en el puerto formado por la Giganta y el Gigante, aparecen el basalto con intrusiones de calcedonia, y las brechas basálticas de cimento arcilloso en masas considerables, formando escarpaduras en el Gigante. Bellos ejemplares se pueden recoger en dicho puerto, de calcedonia esferolítica, pasando á hialita y á semi-ópalo.

En el descenso de estas montañas, hácia el Sur, se oculta el basalto bajo las capas de meta-pórfido provenido del losero, tal y como anteriormente quedó descrito; pero al final de todo el descenso, hasta llegar al arroyo, á 2,210 metros de altura absoluta, aparece una hermosa dolerita porfiroide, con cristales de labrador de un centímetro de largo, muy abundante en olivino, con algunos granos de fayalita. Este basalto, de color pardo cetrino tirando á veces al amarillo, escaso en piroxena, ofrece en lunares semejanza con la roca *truchada* [*Forellenstein, pierre truitée*], compuesta casi enteramente de feldespato y olivino.

Pasado el arroyo y subiendo la vertiente opuesta, caminando hácia el Sur, se encuentra á poco la dolerita porfiroide de color negro, base labradorítico-piroxénica, con cristales de labrador y abundante en granos de olivino.

Más hácia el Sur, entra la formacion esquisto-diorítica, correspondiente al grupo montañoso de Buenavista, pero es indudable que los basaltos de esta region han extendido su influencia directa por todo el terreno circunvecino.

Conviene recordar que á estos mismos basaltos refiero las manifestaciones de *vitriófido*, ó sea pórfido de base piedra-pez negra, con escasos cristales de feldespato vidrioso, pero abundantes granos de olivino, que revelan la presencia de esta especie, y quizá de fayalita mezclada finamente á la materia vítrea, que aparece, entre otros sitios, en los diques cerca de los Ibarras, sobre el camino de herradura para la Ciudad Dolores, y coronando la montaña de Corral de Piedra.

Además del escalon basáltico franco entre el Cubilete y los Gigantes [y que quizá se extienda hasta la elevada cima del Cerro de Calzones], que constituye una region de levantamiento más pronunciado sobre el terreno comarcano, á consecuencia de la

energía desarrollada por las acciones ígneas; además de los diques de basalto bien marcados que aparecen dispersos entre las montañas guanajuatenses; y en fin, aparte de las acciones basálticas disimuladas que han levantado el terreno á notable elevacion en toda esta serranía, pero muy particularmente en las regiones del cerro del Nayal y de Villalpando, hácia las cumbres de Santa Rosa y del cerro de Los Llanitos; muy subalternadas á estas eminencias, aparecen en las regiones bajas de la sierra, y ya casi para llegar á las llanuras de Silao, algunas expansiones basálticas notoriamente posteriores á las ya descritas, de una extension más limitada, de un carácter general hidrotermógeno, y en fin, aparecen aquí como el último período ígneo, que aunque en pequeña escala, vino aún á modificar la configuracion del terreno, y parcialmente el régimen hidrográfico de la localidad.

Esta manifestacion aparece muy franca en la cima de la loma llamada del "Romerillal," al Sur de la ranchería del Capulin, y para el Norte se extiende un poco sobre una montaña coronada por la Mesa de la Zorra.

En las regiones bajas cercanas al pié del Cubilete, como en la vecindad de los Baños de Aguas Buenas, y aun en la misma llanura, hácia la hacienda de Chichimequillas, las manifestaciones basálticas posteriores á las de la serranía guanajuatense aparecen bien definidas, presentándose hácia las regiones de union de las montañas con las llanuras cuaternarias.

Los tajos abiertos para instalar la via férrea de Silao á Guanajuato, facilitan las observaciones relativas al yacimiento de este basalto, las relativas á las capas sedimentarias levantadas y modificadas, y en fin, las consiguientes á los fenómenos hidrotermales que con posterioridad obraron de una manera más ó ménos enérgica en las zonas periféricas de contacto de este basalto con las rocas fracturadas.

En efecto, entre los postes que demarcan los kilómetros 8º y 9º, partiendo de Silao, á unas alturas absolutas de 1,829 y 1,852 metros, se encuentra un rebaje abierto sobre roca, compacto, que desde luego llama la atencion; precisamente en el derrame basáltico provenido de la elevacion pausada de esta roca en estado pastoso, formando una especie de mesilla inclinada del Oeste hácia el Este, que es la llamada Mesa del Romerillal; en cuya extremi-

dad más baja se declaró la corriente espesa continuada hasta apoyarse en lo que ahora es el arroyo y entónces era la llanura, estableciéndose en una pendiente general de 30° á 40° con el horizonte.

Este basalto, de color muy claro en la superficie expuesta á los agentes atmosféricos, es en su interior de un gris ceniciento inclinándose á gris de humo, y aun á negro agrisado, generalmente homogéneo, compacto, astilloso, sobre la Mesa de donde procede y hácia las regiones centrales de la corriente, pero más ó ménos hendido ó amigdalóideo hácia las regiones de contacto. En la Mesa y aun en los derrames, aparece agrietado en grande escala, probablemente por las contracciones consiguientes á su enfriamiento. Su laminacion está definida trasversalmente por líneas blancas finas, más ó ménos interrumpidas y encorvadas, correspondientes á las caras de juntura de las láminas; junturas en las cuales se observan silicatos hidratados y hierro oligista, que dan á conocer su orígen hidrotermógeno. Los ejemplares de color claro obran apénas sobre la aguja imantada, pero los de color oscuro obran sobre ella muy sensiblemente. Encierra en su masa escasos granos arredondados de cuarzo más ó ménos opalífero, y muy escasos y pequeños de pirita de hierro.

El basalto compacto pasa insensiblemente al cavernoso con huecos alargados en las direcciones de la laminacion; huecos tapizados de exudaciones silizosas, y los granos incrustados son en este caso aun más opolíferos. Las regiones limítrofes de esta expansion basáltica, estando catacterizadas por la presencia de productos hidrotermales abundantes en carbonato de cal, la roca misma suele estar penetrada de fisuras llenas de calcita, y pasar por la accion desagregante acuosa á una especie de arcilófido, con la misma textura y aspecto del basalto cavernoso, pero de color casi blanco, fácilmente divisible en prismoides rectangulares; muestras de las cuales muy pocas obran sobre la aguja imantada.

Los tajos del Ferrocarril Central facilitan tambien el exámen de las zonas de contacto de este basalto con los depósitos estratificados levantados por la salida de esta roca. Situada la Estacion de Marfil á 1,904 metros de altura absoluta, en el kilómetro número 18, partiendo de Silao y caminando hácia esta poblacion, cerca de la señal que marca el kilómetro número 15, á 1,885 me-

tros (altura absoluta) abajo del Puente de Santa Ana, y ya fuera de la Cañada, se encuentra el terreno claramente basaltificado y con tendencia á desarrollarse la estructura orbicular por las acciones generales que han obrado sobre toda la serranía; pero ya desde aquí aparecen, cruzando las rocas, las vetillas cretosas dependientes del basalto más moderno. Continuando hácia adelante, se pronuncia el levantamiento de los acarreos mismos que estuvieron depositados un poco adelante de la desembocadura de la Cañada de Marfil; acarreos cortados por tajos hasta de 8 á 10 metros de profundidad, muy reconocibles por pertenecer á las rocas de la serranía, entre las cuales figuran ya abundantemente los cantos de metapórfidos, y aun aparecen algunos materiales pertenecientes á las vetas. Las ondulaciones del levantamiento, atestiguadas por las de las capas, forman las cañadas actuales; de modo que no aparece ningun otro movimiento del suelo que haya venido á modificar sensiblemente el régimen local sistemado por este pequeño levantamiento basáltico.

Las vetillas cretosas, á manera de pequeñas fallas, han dislocado ligeramente las capas. Éstas, hácia la señal del kilómetro número 12, á 1,924 metros altura absoluta, aparecen ligeramente metamorfoseadas: en el piso de los tajos se observa un conglomerado mas fino, semejante á marga, semi-metamórfico, con cruceros casi verticales diferentes de la estratificacion. Del kilómetro número 12 hácia el número 11, á 1,900 metros de altura absoluta de la superficie del terreno, desciende una impregnacion de hidróxido de hierro, aparente en los labios de los tajos: entre los depósitos de acarreo grueso, aparecen otros finos y capas más gruesas de marga deleznable, que ha necesitado taludes amplios para su estabilidad.

Del kilómetro número 10, á 1,877 metros altura absoluta, al número 9, á 1,852 metros, se inicia el basalto, que se pronuncia claramente enfrente de la ranchería del Capulin; basalto correspondiente á la ladera Norte de la Mesa del Romerillal, que ha metamorfoseado claramente los depósitos sedimentarios. Algunos peñascos aparecen junto á la via, sobre la ladera, impregnados de hialita. Una caliza blanca cretosa hidrotermal se encuentra al llegar al basalto, como producto indudablemente posterior.

Esta montaña del Romerillal, hácia el Oeste, por medio de las

rocas metamórficas desarrolladas en mayor amplitud hácia ese rumbo, desprende una falda de inclinacion suave, que se pierde por desvanecimiento en las llanuras de Silao.

A la vista de este conjunto no he podido dudar que las capas y acarreos cuaternarios han sido los afectados por esta accion basáltica. Además, observando el régimen general hidrográfico de la Cañada de Marfil, desde la cúspide del Cerro Pelon, situado en el camino de Guanajuato á Santa Rosa, se le encuentra á esta Cañada, próximamente enfilada desde ese sitio, una direccion de 45° Suroeste, ó sea próximamente perpendicular á la direccion de la Veta Madre, pasando la visual por la poblacion de Marfil y por la Cuesta de los Aguilares (situada en la carretera de Silao, á fin de salvar el levantamiento basáltico correspondiente al de la Mesa del Romerillal). Desde luego llama la atencion á primera vista, que el régimen de dicha Cañada, regular en su direccion, bruscamente se interrumpe en la llanura, es decir, precisamente en donde ménos podria esperarse, por el obstáculo que ofrece la interposicion de un encortinado montañoso deprimido, sobre cuya vertiente del Este se encuentra la Hacienda de Santa Teresa; obstáculo que obliga al arroyo de Marfil á desviarse bruscamente de su direccion para continuar su trayecto hácia el Sur y pasar por la Hacienda de Cuevas.

Conociendo la procedencia basáltica de esas montañas, cuyo levantamiento elevó los acarreos recientes, se comprende perfectamente que este movimiento del terreno fué la causa que obligó á las corrientes de Marfil á tomar un nuevo curso.

En las bajas regiones del Poniente del Cubilete, aflora en la cercanía de los baños termales de Aguas Buenas, un dique basáltico franco, con rumbo de 25° Noroeste, que en algunos sitios pronuncia crestones peñascosos surgiendo de entre la ladera de la montaña. Su color general es negro agrisado, finamente mosqueado de gris azulado. Sin embargo de que su tipo general es hidrotermógeno, con exudaciones grises azuladas cuarzosas entre sus huecos microscópicos, que son las que le comunican el aspecto mosqueado, presenta ya numerosos granos de olivino, más ó ménos descompuesto, como si el agua lo hubiera atacado, y atrae sensiblemente la aguja magnética. En suma, este hidro-basalto viene á ser un término medio entre el basalto anhidro, ó al que se pueda

tener por tal en vista de su apariencia homogénea ó cristalina, y el hidrotermógeno de color claro, que incrusta silicatos hidratados, y que ejerce muy corta ó ninguna accion sobre la aguja imantada.

En la llanura comprendida dentro del anfiteatro montañoso á la vista de Aguas Buenas, y en una rinconada, se levanta una pequeña montaña basáltica en forma de sombrero, conocida con el nombre de "Cerro de Piedras," que me parece contemporáneo del dique descrito.

En estas mismas regiones del Oeste del Cubilete, en donde las montañas se desvanecen por grados para perderse en las llanuras de Silao, en las cimas de algunas lomas, al Norte de esta poblacion, aparece el basalto escorioso franco, sin alteracion avanzada, negro agrisado, con algunos cristales pardo-cetrinos y aun rojos, de una especie muy parecida á la *eukamptita*, ó sea biotita hidratada, con caracteres medios entre la clorita y la mica, uno que otro cristal de feldespato vidrioso hendido incrustado, y tal cual grano de cuarzo opalífero encerrado en los ojos. Este basalto lo considero tambien contemporáneo del de Aguas Buenas.

Además de estas manifestaciones francas, me parece que algunas se presentan encubiertas en la llanura, por ejemplo cerca de Chichimequillas, bajo la forma de montañas deprimidas, con mesillas en su cima, terminadas por pequeñas cejas ó escarpas de pórfido, que claramente procede de los metamorfismos basálticos, contemporáneos muy probablemente del de Aguas Buenas, pero en donde el basalto franco quedó oculto.

Las fuentes termales de Comanjilla que producen agua á la temperatura de ebullicion, y depositan pirita de hierro y sílice pulverulenta, y las de Aguas Buenas, que la producen á 41°5 centígrados, con marcado olor de hidrógeno sulfurado, y que depositan sobre las paredes de las termas eflorescencias salinas abundantes en cloruro de sodio y en sesquicarbonato de sosa ó tequezquite; ambas fuentes me parecen ligadas directa ó indirectamente con los últimos fenómenos basálticos que, como lo he asentado, fueron seguidos de abundantes escapes de aguas termales cargadas de carbonato de cal.

Las laderas de la montaña en donde se encuentra Aguas Buenas, indican alineamientos de otras fuentes situadas más arriba,

hoy completamente extinguidas, y las mismas de Aguas Buenas, aparecen hoy disminuidas respecto de sus producciones de otras épocas. Las concreciones más antiguas depositadas por el escurrimiento de las aguas, son calcárec-ferruginosas, y tienen cierta analogía con las tobas depositadas generalmente al pié de nuestras montañas porfíricas, al terminar sus vertientes en las llanuras lacustres, y con las tobas que frecuentemente se extienden formando capas recientes entre los depósitos cuaternarios, capas muy conocidas en el país bajo el nombre de "tepetate."

A reserva de volver á tocar este punto, diré que, en los numerosos valles lacustres situados sobre la elevada Mesa Central mexicana y circunscritos por anfiteatros montañosos, se encuentran no pocas veces, como último término del movimiento orogénico, bien sea pequeños peñones basálticos, ó bien cerrillos de metapórfido basáltico de poca altura, y frecuentemente con mesillas sobre la cima. Ambos sistemas se encuentran, bien sea surgiendo de la llanura, ó bien colocados como el último escalon que liga los declives de las elevadas montañas con los depósitos cuaternarios, como acontece con la mesa del Romerillal. Estas montañetas de basalto tienen generalmente en sus inmediaciones fuentes termales á temperatura más ó ménos elevada, ó bien se reconocen fuentes extinguidas que han dejado como vestigios depósitos concrecionarios de carbonato de cal aislado ó silicífero.

El exámen general de la formacion basáltica más antigua, deja percibir que á sus poderosos fenómenos de levantamiento se debe la constitucion orogénica, no sólo de Guanajuato y de sus cercanías, sino de las cordilleras y grupos de montañas que se elevan en muy dilatadas regiones comarcanas; y que á las enérgicas acciones basálticas se deben tambien las importantes modificaciones metamórficas, que caracterizan no solamente á las capas fragmentarias guanajuatenses, sino tambien á las que constituyen las montañas de las mismas dilatadas regiones comarcanas, afectadas por igual levantamiento.

Restablecido el equilibrio entre las enormes impulsiones del interior del globo y la fuerza de gravitacion de lo que es hoy nuestro territorio, vinieron los fenómenos de detalle en la serranía guanajuatense á determinar las prolongadas grietas que, durante la época de reposo orogénico posterior, pudieron formarse sin dar

lugar ni á muy variados sistemas de vetas, ni á complicadas y múltiples dislocaciones.

La aparicion del basalto cuaternario, no es ya sino el eco lejano de los grandiosos fenómenos orogénicos anteriores; sin embargo, surgen aún á su accion pequeñas montañas y pequeñas mesas, y como en Aguas Buenas, resultan como fenómenos conexos, vetillas de pequeño curso y de corta potencia, y fuentes termales, muchas de las cuales arrojan todavía sus aguas á nuestra vista.

No creo que sea necesario describir algunos pequeños accidentes de detalle que suelen presentarse en las montañas de Guanajuato, tales como depósitos de carbonato de cal concrecionada, ó bien de trípoli reducidos á muy cortos límites; procedentes de manantiales calientes extinguidos, sin presion y sin ningun carácter que los haya hecho notables, abundan éstos en todas nuestras montañas y ofrecen hasta ahora poco interes científica é industrialmente para que haya motivo de detallarlos; pero conviene advertir que ellos están ligados á los basaltos como término final de sus acciones.

## Ojeada sobre las formaciones geológicas descritas, á fin de ensayar su clasificacion cronológica comparativa.

Para dar fin á este bosquejo geológico, conviene efectuar algunas apreciaciones sobre la edad relativa de las rocas descritas en las páginas anteriores; pero como hasta ahora no se han encontrado fósiles en las diversas capas guanajuatenses, es preciso proceder por tanteos, partiendo de horizontes geológicos bien determinados.

La sierra de Guanajuato al Noroeste se enlaza con la de la Tlachiquera y San Felipe. En estas serranías elevadas, así como en la de Comanja, aparece de una manera muy clara la continuacion del grupo de metapórfidos guanajuatenses apoyados sobre la formacion esquistosa. Cerca de San Juan de la Chica, al Suroeste de San Felipe, célebre en otro tiempo por sus minas mercuríferas abiertas sobre metapórfidos arcilificados, descansan éstos muy marcadamente sobre bancos de caliza negra agrisada con capas

de piedra lídica; caliza que pertenece á la formacion esquistosa de Guanajuato.

Los mismos metapórfidos, sin solucion de continuidad, pueden seguirse desde San Felipe por las montañas del Cubo, del Jaral, del Valle de San Francisco y de Santa María del Rio, siguiendo casi constantemente una direccion Noreste hasta llegar al Oriente montañoso de esta última poblacion, en donde aparece su sobreposicion á las capas de la caliza cretácea; roca que propuso llamar el inteligente profesor D. Mariano Bárcena, *caliza mexicana de hipuritas* ó *caliza mexicana de nerineas.*

Partiendo nuevamente de San Felipe hácia el Norte, por las Sierras de San Pedro y por las de las haciendas de Santiago, Bledos y San Francisco, y en fin, por la de Escalerillas, con un rumbo Norte un poco al Este, se observa la continuacion de las serranías de metapórfidos hasta las inmediaciones de la ciudad de San Luis Potosí. Si de allí se las sigue para el Este, aparecen de nuevo dichos metapórfidos sobrepuestos á las capas alternantes de caliza y de esquista, que encierran los criaderos plomoso-auro-argentíferos del Mineral de San Pedro, capas pertenecientes á la caliza de hipuritas.

De Potosí hácia el Oeste, un poco al Norte, siguiendo los grupos montañosos eslabonados, se llega al Mineral de Pinos, en el que debajo de los metapórfidos se observan los bancos alternantes de caliza, esquista y vacia gris, marcadamente pertenecientes al período cretáceo, pues entre estos bancos se encuentran *escafites* bien definidos.

Del grupo montañoso guanajuatense hácia el Este, los bancos esquisto-calizos que asoman muy claros en las cercanías de San Anton de las Minas, aparecen de nuevo al lado opuesto del Valle de Dolores, ó sea uno de los tributarios del rio de la Laja, sobre las montañas de San Miguel de Allende, si bien afectados y removidos por las acciones basálticas enérgicas y por los fenómenos hidrotermales que, en la region comprendida entre Dolores y San Miguel, tuvieron grande desarrollo, depositando en tramos bancos de caliza compacta blanca, y en tramos abundantes productos cretosos y tobosos. Aún en las cercanías de Atotonilco existe como resto de estos abundantes fenómenos una notable fuente hidrotermal.

Las capas alternantes de caliza y de esquista de San Miguel cubiertas en parte por metapórfidos en las regiones más elevadas, continúan á la vista en las regiones bajas que miran al Este y que circunscriben el rio de la Laja. El descenso de éste conduce á una escotadura abierta por las aguas en una roca basáltica, escotadura que faldea el Ferrocarril Nacional Mexicano: un poco más al Sur, cerca del poste que marca el kilómetro número 396 (partiendo de México), se presentan francas la caliza y la esquista alternando en unas montañas de elevacion no despreciable. Estos bancos asoman cerca de San José Iturbide, y se extienden de esta poblacion para el Norte, hácia el Mineral de Pozos, formando tambien montañas en las cuales, en vez de esquistas, aparecen capas marcadas de vacia gris alternando con caliza.

De estas regiones hácia el Oriente, con claridad se ligan estas capas, á veces cubiertas de metapórfidos y de basaltos, con los bancos de esquista y de caliza, cuyas rocas forman grandes montañas en la Sierra Gorda, enlazadas sin solucion de continuidad hácia el Noreste con las montañas igualmente calizas del Oriente del Estado de San Luis Potosí; hácia el Sureste, con las de igual naturaleza del Estado de Querétaro, y al Oriente con las de Zimapan y Jacala en el Estado de Hidalgo, en las que predomina en lo general la caliza.

En estas regiones que personalmente he visitado en su mayor parte, he podido observar claramente la sobreposicion de los metapórfidos á los bancos de caliza, de esquista y de vacia; sobreposicion que en todas escalas se presenta en la Sierra Gorda. Marchando de la poblacion de Xichú Victoria, en el Estado de Guanajuato, para el Sur, hácia la de Santa María Peñamiller, en el de Querétaro, el camino sigue las inflexiones de un arroyo profundo, entre encortinados montañosos de gran elevacion, formados de metapórfidos y de basaltos, debajo de los cuales aparecen, en las inmediaciones del pueblo de San Miguel de Palmas, los bancos de vacia gris, de arcilo-esquista y de caliza de color gris de humo. En la profundidad del arroyo en Santa María Peñamiller, la caliza se encuentra en bancos con piedra lídica, y apénas si aparece entre ellos alguna faja de esquista. Dos picachos elevados y aislados á la vista de la poblacion, están coronados por una pequeña cubierta aplanada de metapórfido, que denuncia los enormes fenómenos

de erosion y de profundo surcamiento que han tenido lugar en estas localidades, en una época cubiertas de capas sedimentarias hasta la altura de esas cumbres.

Marchando del mismo Xichú Victoria para el Norte, hácia el Mineral de Xichú, despues de descender por grandes cuestas entre montañas de metapórfido y basalto, cerca del Mineral, se encuentra la vacia gris, y en seguida hácia abajo la caliza negra apizarrada alternando con caliza gris en bancos. Sobre estas rocas descansa un espesor grande de metapórfidos, desde las cumbres del Pinal de San Agustin, á una altura absoluta de 2,530 metros, hasta muy cerca de Xichú á 1,304 metros, ó sea un grueso, en el sentido vertical, de 1,220 metros.

Una de las circunstancias que hace notable la superficie de contacto de las capas de metapórfido sobrepuestas á las de caliza en estratificacion discordante, es la existencia de grandes cuevas ó cavernas, provenidas claramente de la accion disolvente de fuentes hidrotermales, que han buscado su salida, como sucede muy á menudo con los manantiales comunes, por la superficie de union de las dos rocas, de las cuales la de pórfido no se afectó con el tránsito del líquido, pero sí la caliza, que fué sucesivamente corroida hasta dejar grandes huecos. Un ejemplo instructivo de esta accion disolvente en esta superficie de contacto se encuentra en la Cueva de la Salitrera, jurisdiccion de Santa María del Río en el Estado de San Luis Potosí.

Extendiéndome aun más en estas notas, diré, que estos metapórfidos ocupan en el país un lugar importante, por ser ellos los que forman principalmente los accidentes del terreno más notables que se levantan sobre la Mesa Central mexicana.

Los Sres. Humboldt[1] y Burkart[2] han creido encontrar más ó ménos vestigios de estratificacion en los pórfidos de Pachuca y Real del Monte, que tambien se apoyan sobre la arcilo-esquista, la vacia gris y la caliza que aparece en la Barranca de Rio Grande; pero uno y otro de estos célebres viajeros, tomando las masas pórfidas mexicanas como surgidas directamente de una manera eruptiva, invirtieron las sobreposiciones, dando por hecho que la

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, traduccion castellana. Paris, 1827 —Tomo V, pág. 50.
2 Véase la parte trascrita anteriormente en este capítulo.

caliza de Atotonilco, que es la misma que la de la Barranca de Rio Grande, reposa sobre el pórfido.[1] Es de advertir que Burkart[2] llegó á observar claramente el metamorfismo producido por el basalto sobre la arcilo-esquista, cuando dice que las capas de la formacion pizarreña aparecen como pórfido feldespático rojo, ó como pórfido traquítico gris, con feldespato vidrioso y obsidiana.

Conviene, sin embargo, referir en abono de Humbold y Burkart, que á veces por debajo de las capas de caliza aparecen rocas trasmutadas en pórfido por las acciones basálticas, con cristales bastante desarrollados de feldespato vidrioso; rocas que dan toda la apariencia de descansar sobre ellas las capas calizas. Un yacimiento semejante se observó en el Mineral de San Pedro cerca de San Luis Potosí, en donde el tiro de Begoña, por debajo de las capas de caliza, cortó un banco de pórfido procedente, bien sea de una expansion de metamorfismo basáltico sobre la esquista que alterna con la caliza, metamorfismo que la trasformó en pórfido, ó bien un dique derivado de las mismas acciones basálticas intercalándose oblícuamente entre el macizo de las capas.

Recorriendo el camino de Pachuca á Ixmiquilpan, me ha parecido reconocer que la masa general de los pórfidos del Real del Monte reposa sobre las capas de caliza, y he adquirido la creencia de que en una gran parte, si no la totalidad de ellos, son metapórfidos engendrados por unas acciones basálticas aun más poderosas que en Guanajuato, reveladas á la vez por la mayor altura á la que se han elevado las montañas, y por la abundancia de algunos productos muy ligados con los basaltos, como son la obsidiana y los pórfidos perlíticos de base de esferolita y de piedra aperlada.

Las calizas de Actopan, Ixmiquilpan, Tula y Zumpango, están ya clasificadas paleontológicamente como pertenecientes al cretáceo superior, y ellas se ligan de tal manera con las de Atotonilco el Grande, Hacienda del Zoquital, Hacienda de Guadalupe en la Barránca del Rio Grande, y con las de Zacualtipan, que pueden tomarse como correspondientes á la misma época, miéntras no se demuestre otra cosa; así pues, bajo este supuesto, no solamente

1 *Ensayo Político.*—Tomo V, pág. 51.
2 *Memoria de las Minas de Pachuca y Real del Monte*, en los *Anales de la Minería Mexicana.*—México, 1861.—Pág. 10.

los metapórfidos de Real del Monte reposan sobre el cretáceo superior, sino aun los de Zacualtipan y los de las elevadas serranías situadas entre esta poblacion y la de Tulancingo.

Estas mismas calizas de Ixmiquilpan se prolongan hácia Zimapan y Jacala, y tomando hácia el Noroeste, atraviesan el Estado de Querétaro y se internan al de Guanajuato por el Departamento de Sierra Gorda, hasta las cercanías de San Luis de la Paz y de San Miguel de Allende, de donde sin esfuerzo se prolongan subterráneamente por debajo del valle del rio de la Laja, para asomar en el grupo de montañas guanajuatenses, simétricamente colocadas al otro lado del valle, y con una constitucion geológica análoga á las montañas de San Miguel de Allende.

La continuacion de las calizas de Zimapan y de Jacala para el Norte, atravesando una pequeña parte del Estado de Querétaro, nos conduce á las regiones orientales del Estado de San Luis Potosí, en donde además de clasificarlas como correspondientes al cretáceo superior por su enlace con todo el sistema descrito, los carácteres paleontológicos afirman de una manera incontrovertible esta clasificacion, segun los fósiles que rápidamente paso á mencionar:

1º El profesor D. Mariano Bárcena[1] cita unos equimodernos semejantes al *ananchytes ovata*, encontrados por el ingeniero D. Miguel Iglesias en la apertura de la carretera de la ciudad de Potosí á Tampico, y cita tambien las *radiolites* Mendozæ de la Sierra de Santa Catarina, situada al Oriente de San Luis Potosí.

2º El ingeniero D. Luis G. Cuevas, director anterior al Sr. Iglesias de la carretera que acabo de citar, ha recogido de las capas de caliza rebajadas para la instalacion del camino en las montañas, y de las capas margosas del plan de la costa, llamadas "Choy," *escafites* é *hipuritas*.

3º Poseo yo mismo ejemplares de *hipuritas* de las montañas del Oriente del Estado de San Luis Potosí.

Estas hiladas del cretáceo superior pasan, pues, al Estado de Tamaulipas, y segun lo expuesto, parece que en las inmediaciones de Tampico, sobre la línea litoral, las capas cuaternarias asientan directamente sobre los cretáceos, pero en las regiones elevadas del

1 *Memoria de la práctica de mineralogía y geología en* 1872.—México.—1873.—Página 26.—*Tratado de Geología.*—México.—1885.—Página 316.

Estado de San Luis Potosí es muy constante la sobreposicion de los metapórfidos á las capas calizas con piedra lídica, que unas veces alternan con esquista y aun están cubiertas por ella, y otras se presentan aisladas.

A la vista pues, de esta constante sobreposicion de las capas fragmentarias de metapórfido al cretáceo superior, capas que en varias localidades han tomado como en Guanajuato un espesor muy considerable, me creo autorizado á establecer, miéntras otra cosa no se demuestre, que esa serie de estratos pertenecen á la base del grupo terciario ó *neozoico*, ó bien al sistema *eoceno*, y que en consecuencia el movimiento de dislocacion y de metamorfismo guanajuatense producido por la diorita, la sienita y las liparitas granitoides, es decir, por una serie de rocas de origen igneo, separa de una manera perfectamente marcada la éra secundaria de la terciaria.

Despues de esta apreciacion, es natural preguntarse si las capas de vacia, caliza y las masas foliadas de arcilo-esquista guanajuatenses pertenecen al cretáceo superior. Me inclino á creerlo de esta manera, desde luego por la presuncion consiguiente á que sobre estas rocas reposan las capas inferiores del eoceno, y miéntras los caracteres paleontológicos, que son los únicos decisivos, no vengan á confirmar ó á revocar esta apreciacion, cuyos fundamentos paso á exponer, debo referir ese conjunto al sistema dicho.

Natural es buscar, á falta de fósiles, comparaciones estratigráficas y litológicas que ayuden á resolver el problema, partiendo de sitios situados en horizontes geológicos bien determinados. Cerca de las montañas del Mineral del Doctor, en el Estado de Querétaro, Distrito de Cadereyta, montañas examinadas estratigráfica, litológica y paleontológicamente por el inteligente profesor Don Mariano Bárcena,[1] y clasificadas por él como pertenecientes á los pisos *Turoniano* ó *Senomaniano* de D'Orbigny, correspondientes al cretáceo superior, se encuentra situado al Noreste, á unos doce ó quince kilómetros, el grupo montañoso de las minas de San Cristóbal, que personalmente he visitado, así como las del Doctor. En las cercanías de esas minas, sobre la caliza fosilífera descrita por el Sr. Bárcena, se encuentra apoyada una serie de estratos de va-

1 *Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México y sus fósiles característicos.*—México.—1875.—Pág. 30.

cia gris y de arcilo-esquista, entre cuyas masas aparece incrustada una liparita dioritoide, en bancos intercalados entre las masas esquistosas, muy cerca de la habitacion y pequeña oficina de fundicion de las minas hácia el Noreste.

Cubriendo la esquista, se encuentra una roca fragmentaria más ó ménos trasmutada en pórfido, así como en varios sitios se descubre la esquista y la liparita con aspecto tambien de pórfido, producido por el metamorfismo basáltico. Entre este conjunto asoma en pequeñas ó cortas expansiones, un hermoso hidrobasalto, que atrae notablemente la aguja magnética, de color negro agrisado, mosqueado de blanco por los numerosos huecos alargados microscópicos tapizados de exudaciones, y cuando los huecos son grandes, aparecen en ellos escamas de mica blanca y cristales largos y radiados de zeolitas.

La liparita dioritoide es una roca que me ha parecido notable, porque ella sintetiza en cierto modo, en una sola irrupcion ígnea, las tres que en Guanajuato están separadas: la diorita, la sienita y el granito ó liparita granitoide, ó las dos que en otras regiones han fracturado el cretáceo superior mexicano, á saber, la diorita y el granito. Su textura es granulítica tirando á granitoide: la masa general cristalina es cuarzo-feldespática, incrustando bellos cristales de hornblenda negra lustrosa, con lustre de vidrio, cuyo color suele pasar al verde claro. Suelen aparecer estos cristales de tal modo desarrollados, que la roca toma un aspecto porfiroide. Los cristales de plagioclasia aparecen ó con lustre nacarado y pequeños de tamaño, ó desarrollados de algunos milímetros de largo, hendidos y de lustre vidrioso. La abundancia del cuarzo hace sospechar que existan en la masa cristales microscópicos de ortosa. La mica negra es el elemento más escaso, que aparece bajo la forma de escamas ó de pequeños granos. El hierro magnético ó el titanífero, deben existir en la roca en cierta proporcion, porque atrae la aguja de una manera notable.

Es difícil apreciar con exactitud el límite de la esquista y el de las capas fragmentarias, porque el metamorfismo basáltico ha sido de tal manera enérgico que ha trasformado en metapórfidos aun la esquista y la liparita. Esta última, bajo esa accion, pierde su aspecto individual, y pasa á ser una especie de pórfido traquítico en bancos.

Algunos girones de estas rocas se han basaltificado marcadamente, tomando el color oscuro y pasando á ser unas doleritas.

En estas regiones el espesor general de las capas de vacia, de esquista y de caliza intercalada, sobrepuestas á la caliza fosilífera, quizá no llegará á trescientos metros; pero hay que advertir que estos espesores son muy variables en las diversas localidades, así como lo son los de metapórfidos sobrepuestos: en conjunto puede pues decirse, prescindiendo de detalles, que en San Cristóbal está representado litológicamente de una manera sumaria el conjunto de rocas guanajuatenses; y este agrupamiento de San Cristóbal está con entera evidencia colocado sobre las capas de caliza gris compacta clasificada como *turoniana* ó *senomaniana*. Los estratos sobrepuestos á esta caliza, completan el sistema cretáceo sobre el cual, trastomado por la liparita, vino á asentarse el *eoceno*. Parece, pues, que hay analogía completa entre ambos agrupamientos; pero como tratándose de simples comparaciones litológicas para deducir una edad cronológica, es preciso ser muy cauto y efectuarlas únicamente cuando la necesidad obliga á falta de fósiles, no me creo dispensado de efectuar otra comparacion.

Muchos observadores notables, como los Sres. Humboldt, Burkart, Arenas, Guillemin, Tarayre, etc., han venido haciendo notar la gran semejanza, por no decir identidad, de formacion de Guanajuato y Zacatecas; y en efecto, prescindiendo de que en la serranía zacatecana la asociacion esquisto-diorítica ocupa los sitios culminantes del grupo montañoso, y los conglomerados y el metapórfido producido por el basalto, se encuentran colocados ó en montañas de altura subalternada, ó en las ondulaciones deprimidas del terreno, no hay diferencia sustancial que exponer para establecer una distincion litológica.

Es para mí indudable que las montañas de Zacatecas reposan sobre la desnuda formacion que se extiende por las cimas de las lomas, desde la cuesta del Peladero y Sauz de Calera, al Este de la hacienda de amalgamacion de Sauceda, hácia el Mineral de Ramos, Salinas de Peñon Blanco, Mineral de Angeles, hasta el Mineral de Pinos, que anteriormente cité, porque en este último sitio, en mi concepto, los metapórfidos guanajuatenses, sin esfuerzo aparecen apoyados sobre las rocas calizas de ese Mineral. Es decir, que los metapórfidos de Guanajuato descansan sobre las mis-

mas capas en las que se apoyan las montañas de Zacatecas. Pero como no tengo duda de que los estratos alternantes de vacia gris y de caliza gris de humo de Pinos son cretáceos, resulta que la serranía zacatecana no está constituida más que por las capas superiores cretáceas, emergidas completamente por las acciones dioríticas al terminar el período para abrirse la éra terciaria, en el principio de la cual se depositó el conglomerado zacatecano sobre las vertientes sumergidas esquisto-dioríticas; conglomerado en parte trasformado en pórfido por las acciones basálticas contemporáneas de las de Guanajuato.

La comparacion, pues, efectuada por estas otras comarcas, tan lejanas de las del Doctor, conduce á igual resultado; por tanto, miéntras los fósiles no vengan á demostrar otra cosa, yo tendré las regiones superiores de la esquista guanajuatense por pertenecientes á las hiladas altas del cretáceo superior.

Pero si he podido asentar mis apreciaciones sobre la edad de la esquista y sobre la correspondiente á la base de las capas fragmentarias guanajuatenses, carezco de datos para aventurar mi opinion sobre el período al que deban referirse los estratos superiores de la arenisca verde. La determinacion de la edad de esta hilada me parece de grande interes geológico, porque á ella se refiere el principio del poderoso movimiento basáltico mexicano, que vino á emergir de la profundidad de los mares la mayor parte de lo que es hoy nuestro territorio.

En efecto, pocas comarcas mexicanas he recorrido en las que los metapórfidos y los basaltos no estén representados, ó coronando las cimas de las montañas ó descansando sobre sus vertientes más ó ménos cercanas á las cumbres. Las descripciones geológicas parciales antiguas y modernas vienen en mi auxilio para dar á conocer la singular coincidencia del conjunto de rocas que asoman en muy lejanas regiones de la República Mexicana.

Partiendo de las playas del Golfo sobre depósitos cuaternarios, parece indudable la existencia de capas terciarias marinas en algunas regiones que yo he podido observar, formando suaves lomeríos en la orilla del Rio Bravo, de Reynosa hácia abajo, hasta ocultarse bajo los nivelados depósitos cuaternarios que forman la dilatada llanura de Matamoros, en la cual no se encuentra una piedra ni se mira una montaña.

El Sr. Bárcena[1] nos da á conocer la existencia de calizas numulíticas procedentes de las costas del Golfo cerca de Túxpan. El exámen de todas las bajas regiones mexicanas, en sus relaciones con los grandes levantamientos basálticos del país, dará mucha luz para la determinacion exacta de este gran movimiento, al cual debe el país los rasgos prominentes más notables de su constitucion orogénica, y por consiguiente los de su configuracion topográfica.

Ántes de que las acciones basálticas se manifestaran, el territorio mexicano debe haber presentado el aspecto de un archipiélago de pequeñas y dispersas islas formadas por las cimas de los grupos montañosos dioríticos, graníticos y calizos, que hoy aparecen sin capas superpuestas, como por ejemplo la sierra de Catorce, la de Peñon Blanco, la de Zacatecas y otras muchas que conozco en iguales condiciones.

Conforme se ha ido explorando geológicamente el país, se ha podido reconocer la considerable superficie que ocupan los terrenos cretáceos, no solamente en las cimas y entre las depresiones de algunos grupos de montañas elevadas, sino tambien entre los declives orientales que convergen hácia el Golfo mexicano, entre los del Poniente cuyas aguas se dirigen hácia el Pacífico, y aun entre las llanuras elevadas de la Mesa Central, en las cuales no es raro encontrar en medio de las suaves inflexiones del terreno, extensas comarcas cretáceas casi planas y desnudas de rocas superpuestas, como por ejemplo gran parte de las cimas de los lomeríos (excluyendo las serranías) que se extienden entre la sierra de Zacatecas y la de Pinos, y entre estas dos y la de Catorce.

Es, pues, de presumir que entre las aguas del archipiélago formado al emergirse parte de las capas cretáceas, se depositaran en mares más ó ménos circunscritos, las poderosas formaciones de acarreo, que hoy se manifiestan en Guanajuato y Zacatecas, procedentes de las erosiones ejercidas sobre macizos inmediatos, segun puede atestiguarse por la naturaleza de los fragmentos incrustados, comparada con la de las rocas de donde proceden y que están á la vista.

Admitiendo como demostrado que "en todos casos se puede afir-

1 *Tratado de Geología.*—México.—1885.—página 327.

mar que la formacion de sedimentos gruesos y continuos, debe exigir á la vez mares de poca anchura y costas sometidas á frecuentes oscilaciones,"[1] podré decir que las poderosas capas fragmentarias de Guanajuato, Zacatecas, Pinos, San Luis Potosí, etc., hoy trasmutadas más ó ménos perfectamente en pórfidos, tienen todo el aspecto de depósitos litorales efectuados en el seno de mares limitados, cuyas hondonadas parece que tenian un movimiento de descenso, á favor del cual tomaron un espesor tan considerable los conglomerados, en pequeña parte reducidos á areniscas finas.

Si la elevacion producida por las acciones dioríticas y graníticas, fué en parte contrabalanceada por el movimiento de inmersion durante los depósitos correspondientes al sistema eoceno, en cambio las acciones basálticas tuvieron la energia necesaria para levantar esta masa continental con todo su conjunto preexistente, á elevaciones de 1,500, 2,000, 2,500 y hasta algo más de 3,000 metros[2] sobre el mar. Sorprende, en efecto, observar la extension superficial de este movimiento ascensional simultáneo, que corresponde á casi todo el pais, con excepcion de las regiones bajas cercanas á ambas costas.

El perfil correspondiente á la ruta del Ferrocarril Central desde la ciudad de México hasta Paso del Norte, sobre la orilla del Rio Bravo, ferrocarril que próximamente sigue el centro del territorio, demuestra la regularidad de elevacion de la Mesa Central, que teniendo en la Estacion de México una altura absoluta de 2,240 metros, va declinando en lo general paulatinamente en la superficie de las llanuras principales, conforme se avanza hácia el Norte, hasta la depresion del valle de Mapimí, á 1,120 metros. De aquí en adelante las ondulaciones son suaves, hasta llegar al Paso, á 1,133 metros de altura absoluta.

Los perfiles transversales del territorio no son ménos interesantes por la regularidad general que presentan en la region central, descendiendo con suaves escalones en la mayor parte de los casos, hasta que por intermedio de bruscos descensos sobre las vertientes desgarradas de la Mesa Central se llega á las bajas llanuras costeñas.

1 *A. de Lapparent.—Traité de Géologie.*—Paris.—1883.—página 175.
2 La cima culminante de la serranía de Real del Monte, "El Zumate," tiene, segun Burkart, una altura absoluta de 3,353 metros.

Esta clase de regularidad geométrica en grande escala, que se nota en los relieves del suelo mexicano, constituye, en mi concepto, una nueva prueba de la simultaneidad de la accion elevatoria basáltica sobre nuestro territorio, levantado en lo general á considerable altura, no por medio de un solo impulso en gran manera tumultuoso, sino por la acción secular producida por la expansion de los gases y vapores desarrollados en inmensa escala y á gran presion por la energía de los fenómenos basálticos.

El exámen de nuestras montañas de mayor elevacion, en las que se encuentran con frecuencia escarpaduras escalonadas de metapórfidos columnares, con huellas marcadas, semejantes á las que deja el golpeo de las olas, parece demostrar las pausas de reposo en estos movimientos de emersion. En las vertientes del Norte y del Oeste de la Sierra de Comanja, cercana á la de Guanajuato, se observan claramente estas escarpaduras en escalinata.

Como prueba de que en efecto han existido estos períodos de reposo, puedo presentar la existencia de restos de capas de sedimento fino entre las hoy elevadas arrugas de las montañas, colocadas de tal modo, que su presencia allí es difícil explicarla satisfactoriamente por estancamientos en sitios de grande elevacion: parece más fácil creer que han sido originadas por la sedimentacion durante el intervalo de reposo de un impulso de ascenso al que le ha seguido despues. En la carretera de San Luis Potosí para Mezquitic, á 20 ó 25 kilómetros de la primera poblacion, poco ántes de encumbrar la serranía, se encuentran los vestigios perfectamente claros de un conjunto delgado de capas casi horizontales de aspecto margoso. Estas capas en algunos sitios de la vertiente que mira al Oeste, manifiestan un metamorfismo incipiente, que las ha trasmutado en una roca con tendencia á la vez á pórfido y á traquita.

La abundancia de los gases en estas operaciones es de presumirse, si se atiende á la especie de regularidad geométrica desarrollada al efectuar esta elevacion sobre tan ensanchada superficie territorial, supuesto que la masa fluida basáltica sobre tan grande escala, no es probable que tuviera la homogeneidad de fluidez necesaria para que por una presión de impulso exactamente distribuida, produjera esa clase de regularidad elevatoria. El intermedio de los gases, como un agente regulador entre las

bruscas y tremendas sacudidas de la roca basáltica fundida, y la resistencia de la corteza terrestre solidificada, explica perfectamente la igualdad de impulso exigida en tan amplia escala, para que el relieve del terreno revistiera caracteres tan marcados de regularidad bien acentuada.

Por otro lado he dado á conocer que la existencia de las rocas fragmentarias trasmutadas en pórfidos, suponia en mi concepto la presencia de grandes masas de vapores, que en fuerza de la enorme presion trasporaron las rocas, y por la accion química de los elementos que consigo pudieron llevar, ó que tomaron de las rocas inferiores, modificaron las capas superiores, en términos de que, sin despojarlas del todo de su carácter sedimentario, desarrollaron en su masa cristales que han impreso en ellas un tipo marcado con tendencia á pórfido, ó bien terminantemente han engendrado esta roca por metamorfismo.

Miéntras que los gases y vapores adquirian un aumento de presion para decidir un nuevo impulso ascensional, se trasporaban por las rocas y efectuaban sus operaciones de metamorfismo. Así me explico que con el concurso del tiempo y con los aumentos sucesivos de presion, la elevacion regularizada del territorio pudo realizarse, engendrándose á la vez la crecida masa de metapórfidos que se ostentan sobre nuestras encrespadas cordilleras.

La hipótesis, pues, de la presencia de grandes masas de vapores, en lugar de encontrar dificultades para admitirla, todo parece explicarlo, y hé aquí por qué la he aceptado.

Durante este curso ascensional de las montañas, las pequeñas fracturas y cornisuras de detalle inevitablemente declaradas, fueron ocupadas, ó por diques de basalto franco provenido del interior del globo, ó por rocas doleríticas engendradas por el lento agrupamiento y cristalizacion de los elementos, bajo las influencias basálticas francas y enérgicas.

La direccion general del territorio mexicano es marcadamente hácia el Noroeste, partiendo del paralelo de 18 grados. Exceptúase de ella el terreno correspondiente al Estado de Tamaulipas, al de Nuevo Leon, y parte del de Coahuila; terreno demarcado por una línea trazada desde el puerto de Veracruz hasta el recodo que hácia el Sur presenta el Rio Bravo en las cercanías del antiguo Presidio de San Vicente, hácia los 29° de latitud y 4° de longitud

occidental de México: de esta línea para el Este, hasta las playas del Golfo, el territorio se ensancha muy marcadamente, tomando la línea litoral una direccion de Norte á Sur, de Tampico á Soto la Marina, y de aquí á la Barra del Rio Bravo, toma el rumbo Noreste. Sin embargo de esta que llamaré especie de irregularidad, denunciada desde luego por el recodo del Rio, compensado inmediatamente por el recodo en sentido inverso hácia el Norte, formando groseramente la figura de una *S;* el curso general del Rio Bravo en la línea limítrofe mexicana, es hácia el Sureste, y la superficie situada fuera de la direccion territorial Noroeste comprendida entre la costa, el Rio y una línea que, partiendo de Tampico termine en el Presidio de San Vicente, se presenta casi por todas partes con pequeña elevacion absoluta, como demarcando la atenuacion de la energía basáltica hácia esas regiones.

Por lo demas, atendida esta direccion general del levantamiento territorial, en las regiones centrales de la República, se sigue como una consecuencia la constancia con la cual se presentan los estratos de las rocas mexicanas del Sureste hácia el Noroeste.

La especie de regularidad geométrica en el relieve del territorio mexicano realizada en el período basáltico, ha impreso á este territorio ciertos caracteres que desde luego se manifiestan marcadamente, y cualquiera que haya recorrido las regiones centrales del país, no podrá ménos que haberlo observado.

En efecto, los grandes accidentes de levantamiento se manifiestan definidamente sobre nuestras montañas, por sus alturas prominentes, por el desarrollo de los grupos en serranías muy quebradas, ó por el de las líneas donde la accion ígnea se ha acentuado demasiado, revelándose su energía por la presencia de cordilleras de curso más ó ménos sostenido. No es raro encontrar en las cimas de algunas de estas montañas, mesas que demarcan el límite superior de las capas que fueron levantadas. En la serranía guanajuatense, en las regiones más elevadas, hay señales más ó menos claras de estas mesas; pero su presencia se encuentra enteramente marcada en las zonas en donde la accion de levantamiento ha sido más reposada, hácia los sitios en que las serranías declinan para desvanecerse en las que hoy son llanuras cuaternarias.

En las cercanías de las montañas de Guanajuato podria citar la Mesa de la Cuatralva, la Mesa de los Hernández, la Mesa de los

Caballos, etc.; cerca de Lagos, la Mesa de Villalobos y la Mesa Larga en el Estado de Jalisco; la Mesa de Gallinas, en el de San Luis; la Mesa de Buenavista, cerca de Pinos; las del Cerrillo junto á Zacatecas, etc. Muy notables me parecieron entre la ciudad de Durango y Mazatlan, la serie de mesas cubiertas de arboleda sobre las elevadas regiones de la Sierra Madre, que caracterizan muy bien este tipo, y de las cuales por tanto haré una somera descripcion.

Siguiendo el camino de herradura que pasa por El Favor, partiendo de Durango [situado á 1,925 metros de altura absoluta sobre un valle de capas cuaternarias], y en una distancia de 170 kilómetros hasta el paraje del Borbollon, se atraviesan caminando casi constantemente sobre metapórfidos, las siguientes:[1]

| | Metros. |
|---|---|
| Mesa de la Palma, á una altura absoluta de | 2.220 |
| Id. de los Cerritos, id. id | 2.260 |
| Id. del Madroño, id. id | 2.360 |
| Id. de las Navajas, id. id | 2.260 |
| Id. del Borcelano, id. id | 2.220 |
| Id. del Llano Grande, id. id | 2.160 |
| Id. de Coyotes, id. id | 2.270 |
| Id. del Salto, id. id | 2.280 |
| Id. de la Hacienda de la Ciudad, id. id | 2.370 |
| Al paraje del Borbollon | 2.550 |
| El Banco, límite desgarrado de la Mesa Central Mexicana para descender bruscamente hácia las bajas regiones | 2.340 |
| El sitio más elevado de este camino queda en las cercanías del Rancho de las Rusias | 2.610 |
| El sitio más deprimido en todo el trayecto de los 170 kilómetros, fuera del valle de Durango, es el lecho del Rio Chico, situado en una cañada estrecha y de unos 200 metros de profundidad, que más adelante toma el nombre de Rio de Acaponeta | 2.020 |

1 Véase la *Memoria del Ministerio de Fomento, conteniendo documentos hasta el 30 de Junio de* 1873.—México, 1873, pág. 177.—Notas geológicas del inteligente Ingeniero D. Antonio del Castillo, y el plano y perfiles anexos al informe de los Ingenieros D. Rosalío Banda y D. Ignacio Aguado. Pág. 210.

A la vista de estos datos numériros se reconocen desde luego las suaves ondulaciones de esta cordillera, con tendencia constante á formar llanuras ó plataformas en las cercanías de sus cumbres.

A la salida de Durango se manifiesta el basalto amigdaloideo, y en la parte elevada de la serranía casi constantemente aparece el metapórfido con su estratificacion por lo general muy marcada. En la cañada del Rio Chico, á 21 kilómetros de Durango, asoma un basalto compacto, abundante en magnetita, y cuyos ejemplares ejercen claramente una accion *magnetipolar;* por consiguiente, esta roca se encuentra claramente ligada á la magnífica manifestacion basáltica del Cerro del Mercado, compuesto en su mayor parte de *magnetita* y de *martita.* Los ejemplares ferruginosos del Mercado ejercen de una manera más ó ménos enérgica la accion magnetipolar. Esto explica por qué algunos basaltos mexicanos de este mismo período presentan vestigios de la misma accion.

Entre los parajes de Los Mimbres y Los Navíos, aparece de nuevo el basalto, que asoma tambien en El Madroño, relacionado á la piedra pez y á la obsidiana de Las Navajas, y despues continúa el metapórfido casi sin interrupcion hasta el límite de la Mesa Central; en cuyo sitio, llamado El Banco, á 2,340 metros de altura absoluta, se presenta inesperadamente á la vista un enorme descenso para las bajas y onduladas regiones costeñas, dominadas por completo desde este observatorio natural, del que horizontalmente no distan 100 kilómetros las playas del Pacífico; por consiguiente, el viajero, sorprendido á la vista de tan inmenso panorama, abarca de una sola ojeada, además del sinuoso límite del Océano formado por pequeñas montañas, una superficie dilatada de las aguas del Pacífico.

La interrupcion de la Mesa Central es tan brusca, que en una distancia horizontal de 15 kilómetros que median entre El Banco y el Rancho de Tepalcates, hay un desnivel de 1,990 metros, que es preciso salvar por medio de 24 kilómetros de desarrollo sobre una ruta de descenso bien acentuada, y que no carece, sin embargo, de derrumbaderos laterales vertiginosos.

Las capas de metapórfido, semejantes á las de Guanajuato, suelen pasar á dolorita en este gran declive, y forman una especie de

plano inclinado sobre el cual se desciende, casi hasta llegar á Tepalcates, no sin que se anuncie entre las rocas metamorfoseadas por el basalto, una formacion esquisto diorítica afectada por las mismas acciones, sobre la cual claramente reposan las capas de metapórfidos. La esquisto-diorita se encuentra en contacto con una granulita, que despues se define en granito de mica negra. Sobre las enormes vertientes de estas serranías, se perciben á lo léjos hermosos cortes geológicos naturales, originados por las erociones efectuadas en gigantesca escala, sobre unos declives muy prolongados con rápida inclinacion.

Este tipo pues, de mesas aisladas en diferentes Estados y comarcas de la República, en escala variada de alturas absolutas y relativas, y en el desarrollo de sus planicies, se presenta tambien en muy notable extension en los límites de la Mesa Central Mexicana, apoyado sobre los declives que van á desvanecerse á las regiones litorales.

Pudiera pues, llamarse con propiedad el levantamiento basáltico del que vengo tratando, la *Epoca de las Mesas* correspondiente tambien al de los encumbrados peñones y al de las cortadas cejas porfíricas.

Podria decirse que este período de las mesas, está caracterizado por el levantamiento parcial de girones de mayor ó menor extension en medio del citado ascenso general de las capas sedimentarias, desde el fondo de los mares en donde se depositaron, hasta una altura muy considerable, habiendo conservado estos girones próximamente su horizontalidad primitiva, sin embargo de las oscilaciones á que ha estado sujeto su nivel, y fuera de los sitios de mayor impulsion ígnea, en los cuales las capas aparecen más ó ménos inclinadas. En todos ó en la mayor parte de los casos la roca estratificada se encuentra con aspecto de pórfido bien ó mal definido.

El que siguió á éste en los Estados centrales de la República, que fué otro período basáltico, á manera de un lejano eco del anterior, limitado á mucha menor extension en el centro de las llanuras cuaternarias, ó hácia su contacto con las montañas, pudiera llamarse la *Epoca de las bajas Mesillas* ó de los *bajos peñones.* Como ejemplos de este tipo pudiera mencionar, además de la Mesa del Romerillal y del peñon llamado "Cerro de Piedras," ya cita-

dos, en las vertientes del Oeste de la serranía guanajuatense, multitud de montañuelas basálticas y de mesillas dispersas en las llanuras llamadas "El Bajío," desde el valle de Lagos hasta las cercanías de Querétaro, siguiendo la curva de las llanuras por 220 kilómetros; montañuelas y mesillas generalmente colocadas al pié de las serranías ó dispersas en los valles. En la Calera, cerca de Querétaro, se explota un calcáreo hidrotermal al pié de una mesilla basáltica, de las cercanías de la cual aun brota agua á la temperatura de ebullicion. El Cerro de las Campanas es otra manifestacion basáltica de las mesillas de que me vengo ocupando.

En el período de las mesillas, semejante al anterior, pero en una escala mucho más pequeña, son las capas cuaternarias las que aparecen levantadas tambien, conservando su horizontalidad, y manifestándose como las anteriores, más ó ménos trasmutidas en pórfidos volcánicos.

En las vertientes del Norte de la Sierra de Guanajuato, puedo citar el basalto del cerro llamado "El Gusano" al Oeste de Dolores, y retirándome de estas regiones, podria nombrar al Norte, en las cercanías de Catorce, el Cerrito de Vanegas, pequeño promontorio cónico formado de prismas exágonos colocados verticalmente, de un hermoso basalto magnetipolar, abundante en olivino y fayalita; cerca del cual aparece un bello manantial de agua ligeramente impregnada de hidrógeno sulfurado que brota entre capas calizas de orígen hidrotermal.

En el Valle de México, 3 kilómetros al Este de la capital, se encuentra la pequeña montaña del Peñon de los Baños, cerca de la cual aun brota un manantial á 45° 5 c. de temperatura, y en sus inmediaciones la caliza silicífera hidrotermal forma un depósito horizontal, hoy notable por el hallazgo de un esqueleto humano incrustado en su masa; hallazgo descrito por los inteligentes profesores D. Antonio del Castillo y D. Mariano Bárcena.[1]

En el período de ascenso de las mesas, ó sea en el del gran levantamiento basáltico mexicano, quedó definitivamente interceptada la comunicacion entre el que es hoy Golfo de México y el Océano Pacífico. Sin embargo de que mi inolvidable amigo el ingeniero D. Agustin Barroso, en su interesante bosquejo geo-

1 *El Hombre del Peñon.—Noticia sobre el hallazgo de un hombre, prehistórico en el Valle de México.*—México.—1885.—Opúsculo.

lógico del Istmo de Tehuantepec, escrito en 1874, clasificó el macizo inferior de las rocas que allí asoman como pertenecientes al sistema silariano:[1] en vista del agrupamiento de las rocas que cita [alternando vacia gris, arcilo-esquista y caliza; diorita, granito y sienita posteriores; conglomerado rojo y pórfidos sobrepuestos, y el basalto con su cortejo respectivo en cantos redondos] y de las inteligentes comparaciones que estableció con los agrupamientos litológicos análogos de los Estados de Guerrero, Morelos, México, Guanajuato, Zacatecas, San Luis Potosí y Jalisco, no es fácil ahora admitir ese aserto, supuesto que una buena parte de los dichos agrupamientos citados en su apoyo, posteriormente se ha demostrado que pertenecen al cretáceo superior. Es probable por tanto que el Istmo haya surgido en el período de levantamiento de las mesas.

Quizá á este mismo movimiento ascencional del territorio se deba el haberse llegado á descubrir, con el auxilio de fuertes erosiones, parte de las rocas pertenecientes á la serie porásica y á la del sistema triásico; capas cuya presencia nos anuncia el Sr. Bárcena por los fósiles que ha examinado procedentes del Sur de Puebla, de los Estados de Hidalgo, Durango y Chihuahua.[2]

Considero tambien como muy probable, que durante el período de reposo ígneo que siguió al completo desarrollo de las acciones basálticas correspondientes al gran levantamiento territorial, se efectuaron como fenómenos de detalle correlativos, los depósitos concrecionados de las vetas argentíferas de la mayor parte de nuestros numerosos distritos mineros.

En efecto, en Guanajuato, entre los acarreos cuaternarios elevados por el basalto del Romerillal, al lado de numerosos cantos de metapórfido, arenisca verde y conglomerado rojo, figuran guijarros procedentes de las vetas, denotando que el período de formacion de estos criaderos, ciertamente posterior á la época de las acciones basálticas enérgicas, es anterior al depósito de estos acarreos engendrados por las aguas pluviales. Resulta de aquí que cuando surgió el basalto del Romerillal, ó sea en la época de las mesillas y peñones, las vetas estaban ya constituidas.

1 *Informe sobre el Istmo de Tehuantepec por el Ingeniero D. Manuel Fernández.*—México.—1879, pág. 78.

2 *Tratado de Geología.*—México.—1885, pág. 320.

De paso llamaré la atencion sobre unos hechos que parecen demostrar el enlace de union entre los fenómenos basálticos francos y los de formacion de las vetas argentíferas guanajuatenses. Con frecuencia acontece que las rocas del *alto* incrustadas en la masa de las vetas en fragmentos más ó ménos considerables, ciertamente metamorfoseadas por éstas, presentan en este estado tal semejanza con la misma especie de roca metamorfoseada por las acciones basálticas, que desde luego, al efectuar comparaciones, se presume que estas acciones filonianas dependen de las emanaciones mismas encadenadas con el basalto. Es expresivo el hecho de que de la Veta Madre en Valenciana se hayan extraido numerosos ejemplares cristalizados de adularia [á la que D. Andrés del Rio llamó *chovelia* y Breithaupt, *Valencianita*], porque demuestra la accion feldespatizante hidrotermal anexa á esta veta; accion que segun lo que ántes he manifestado, se extendió sobre una gran masa de rocas ligadas con la arenisca verde, trasmutándolas en pórfido más ó ménos completamente.

No es ménos notable el hecho que se presenta en las cercanías de las vetas sobre las que están ubicadas las mismas agrupadas en los alrededores de Villalpando; vetas encajonadas entre masas extratificadas convertidas en pórfidos cuarzíferos. Ocurre la duda de si estos pórfidos proceden de las invasiones silicíferas de las cuales se han embebido algunos tramos de la roca preexistente por completo, ó si su cuarcificacion depende del metamorfismo filoniano de esas regiones, en las cuales el cuarzo forma la masa general de las vetas. El metamorfismo basáltico siendo un fenómeno que abarca dilatadas extensiones, y no siendo la veta sino unos episodios de detalle que han caracterizado el último término de ese período dinámico-geológico, tan extendido en toda la República; puede decirse que el final de esas emanaciones hidrotermales silicíferas, coincide con el principio del flujo y reflujo de las aguas termales dentro de las comisuras, que hoy son vetas concrecionadas; y en este sentido esas regiones de pórfidos de sílice como de Peregrina y Villalpando, muy extensas para provenir del metamorfismo filoniano, y quizá muy cortas para provenir del basáltico en grande escala, parecen formar el eslabon de enlace entre los metamorfismos de las grandes masas montañosas, y los muy limitados originados claramente por las vetas.

No es ménos instructivo lo que ocurre en Zacatecas con la Veta de la Cantera, cuya masa participa de los caracteres de pórfido de metamorfismo, y con tal motivo se le puede clasificar como un dique ligado con el peñon porfírico y no metalífero de la Bufa, y á la vez como veta metálifera, por la penetracion de este dique cuando apénas si se encontraba terminada su formacion, por las acciones hidrotermales plumbeo-argentíferas. El hermoso creston compacto y resquebrajado de esta veta, en la mina misma de la Cantera, que á la primera ojeada se hace muy notable visto desde la poblacion de Guadalupe, se ostenta bajo la forma de un aislado peñon porfírico ferruginoso. El resquebrajamiento de su masa cuarcificada, parece indicar que aun se encontraba á la elevada temperatura consiguiente á las acciones de metamorfismo, cuando fué invadida por el flujo y reflujo hidrotermal. Semejantes resquebrajamientos ocasionaron el desprendimiento de fragmentos que, bajo la forma de acarreos cuaternarios se encontraban dispersos sobre la vertiente Sur de la montaña; acarreos qûe hace pocos años fueron explotados para la extraccion de la plata contenida en ellos. Este dique-veta aparece cubierto en la llanura, al Este de Guadalupe, por depósitos cuaternarios, entre los cuales surgen peñones que revelan su continuacion á rumbo fuera del grupo zacatecano de montañas.

En Pinos las vetas explotadas se encuentran encerradas entre las capas cretáceas; pero sus crestones aparecen en gran parte cubiertos por los acarreos cuaternarios más recientes, ligeramente afectados por las emanaciones de las vetas.

Esta correlacion del gran levantamiento basáltico con la formacion de nuestros criaderos argentíferos, explicaria la multiplicidad de ellos sobre la mayor parte de nuestra superficie territorial, y explicaria tambien por qué se presentan en su generalidad como pertenecciendo á la misma edad geológica.

El gran espesor de todo el depósito de conglomerados guanajuatenses, que segun lo expuesto anteriormente corresponde su base á la del grupo terciario, ó sea al sistema Eoceno, hace sospechar que su conjunto represente al ménos el total de este sistema. Segun el resúmen de notas de Mr. Dana,[1] respecto de los

1 *Manual of Geology.*—Ivison, Blakeman, Taylor and Company.—New York and Chicago.—Sin año marcado, pág. 509.

Estados Unidos, las capas del Eoceno en el Missouri Superior, representan un grupo con 610 metros de espesor [2,000 piés ingleses] sobre los cuales descansa otro grupo de 305 metros de grueso, dudoso en su clasificacion; pues puede pertenecer al piso Vicksburg [Eoceno superior] ó al Yorktown [Mioceno]. Está caracterizado por los restos del *titanotherium* y de otros mamíferos terciarios extinguidos, y contiene además unas cuantas conchas de especies extinguidas de agua dulce. Suponiendo que estos dos grupos sean eocenos, obtengo un espesor total de 915 metros, que es sin duda inferior al de los conglomerados de Guanajuato.

El eoceno de Nevada, de carácter lacustre, segun Mr. Clarence King,[1] tiene el notable espesor de 3,000 metros, constituido en una gran parte por conglomerados. En el mioceno de Nevada, segun el mismo autor,[2] aparecen ya tobas palagoníticas; es decir que, entre uno y otro de estos sistemas surgió el basalto con su cortejo respectivo. Además segun Mr. Richthofen,[3] el grueso eoceno de las Montañas Rocallosas que pasa de 1,000 metros, está caracterizado por un movimiento de inmersion del terreno en el que se apoya.

Mr. de Lapparent presenta además un interesante resúmen estractado de las publicaciones hechas por los geólogos norte-americanos, del cual tomo el siguiente párrafo:[4]

"La cadena de las Montañas Rocallosas propiamente dicha, ha sido levantada despues de la época cretácea. Desde el cambrio hasta las lignitas de la base del terciario, todos los sedimentos se presentan en concordancia, es decir, aparecen levantados en una misma region bajo ángulos iguales. La misma concordancia se observa en Utah; en donde las dislocaciones se han repetido entre el eoceno y el plioceno. Las grandes fallas y los pliegues monoclinales de Utah, en las inmediaciones de los montes Henry, han marcado el paso de la creta al eoceno: pero los accidentes del mismo género de las altas mesas de Utah y del gran cañon del Colorado, son mucho más recientes, supuesto que han afectado á las rocas volcáni-

1 En *A. de Lapparent.—Traité de Géologie.*—Paris.—1883, página 1,027.

2 En *A. de Lapparent*, obra citada, pág. 1,057.

3 En *A. de Lapparent*, obra citada, pág. 1,165.

4 En *A. de Lapparent*, obra citada, pág. 1,222.

cas y á los conglomerados pliocenos.[1] En los montes Wahsatch, el coceno reposa en discordancia sobre el cretáceo; pero además hay allí sitios en los que las capas pliocenas tienen una inclinacion de 60°. En fin, la cadena costera [formada de capas cretáceas y terciarias plegadas] parece *posteocena* y *prepliocena*. En resúmen, las grandes dislocaciones de la América Occidental son de fecha tertiaria, y en general tanto más recientes cuanto más se encuentra próximo el litoral del Pacífico. Los movimientos más enérgicos serian los que han seguido al período cretáceo y que han estado acompañados de abundantes erupciones.[2]

Estas citas referentes á las regiones del país vecino Norte Americano, en donde el eoceno ha tomado, como en Guanajuato, un notable desarrollo, únicamente sirven para establecer conjeturas que no vendrán á esclarecerse hasta que las exploraciones geológicas de nuestro territorio tomen mayor extension.

Del momento es fácil apreciar que la serie moderna eruptiva guanajuatense aparece muy sencilla, y no se desvia en sus épocas de salida de la cronología general de las rocas eruptivas. Efectivamente, la laparita granitoide aparece para dar principio al eoceno, "como si á favor del largo reposo de la éra secundaria, los disolventes hubieran adquirido de nuevo bastante energía para reconstituir, si no los tipos graníticos francos, al ménos las rocas granulíticas.[3]

La mayor emision basáltica, ó sea el diluvio de esta roca segun la expresion gráfica del autor que he venido citando, aparece tanto en Europa como en Estados Unidos en el período plioceno; así pues, iniciadas las emisiones en el mioceno, el apogeo basáltico habria sobrevenido en el plioceno siguiendo los sucesos el mismo curso en nuestro territorio.

Aunque parece que no es este el caso, no hay gran diferencia en colocar para un simple tanteo el principio del levantamiento basáltico mexicano al final del eoceno; peso si la gran masa de conglomerados guanajuatenses representa á la vez los períodos reunidos eoceno y mioceno, entónces el principio del extenso levantamiento corresponde al diluvio basáltico europeo y ameri-

1 Dutton. High Plateaux of Utah.—1881.
2 Stevenson in Wheeler's Report, 1875, página 488.
3 *A. de Lapparent.—Traité de Géologie.*—Paris, página 1,125.

cano. Conviene tambien advertir la probabilidad de que entre el sistema que forman la diorita y la sienita por una parte y la liparita granitoide por la otra, existiera un intervalo correspondiente á un espesor de sedimentos ciertamente eocenos, que si no se presentan francos, bien puede ser porque en unos sitios estén cubiertos en la base de los conglomerados, ó bien porque en otros hayan sido deslavados á consecuencia de las erociones; la probabilidad de este depósito vendria á colocar la liparita granitoide entre las capas del sistema eoceno [lo cual nada tiene de extraordinario supuesto que la liparita granitoide de la Isla de Elba corresponde al eoceno superior], aumentando entónces las sospechas de que las capas superiores de la arenisca verde pertenezcan al mioceno.

El inteligente observador Sr. Bárcena, á quien indudablemente pertenece el mérito de haber sido el primero que ha establecido de una manera sólida y amplia, horizontes geológicos basado sobre caracteres paleontológicos, y el primero tambien que ha expresado que los grandes rasgos de accidentacion de la República Mexicana pertenecen á la éra terciaria, se expresa de la manera siguiente en una obra que con frecuencia he tenido el gusto de citar.[1] "Respecto á que en muchas localidades estén los lechos terciarios recubiertos por los cuaternarios, es fácil admitirlo examinando la orografía y la estratigrafía del país. En comprobacion de este supuesto, citamos el siguiente hecho: Hízose una perforacion artesiana en el valle de Ameca, Estado de Jalisco, llegando la sonda á más 250 metros: atravezóse una gran serie de capas lacustres cuaternarias, y al fin de la excavacion se halló una formacion oolítica, conteniendo numerosos esferomas fósiles, como la que hemos dibujado anteriormente. Este es un fósil marino, y por consiguiente demuestra la entrada del mar hasta el lugar en que hoy se encuentra aquel valle y á más de 40 leguas de la costa: á una altura de 1,500 metros sobre el mar y enmedio de comarca montañosa: en las capas superiores del valle y de otros terrenos que se alejan hácia el mar, aparecen con frecuencia los restos de mamíferos cuaternarios. Las aguas pluviales llenaron, pues, ó comenzaron á ocupar esas hoquedades desde la terciaria, terraplenando con sus sedimentos las desigualdades del terreno."

1 *Tratado de Geología.*—México.—1885, pág. 330.

Esta nota interesante nos deja reconocer que existe en el país el plioceno marino á notable elevacion absoluta, y que por consiguiente el completo levantamiento del territorio vino á concluirse en la época cuaternaria, como lo expresa tambien el Sr. Bárcena.

Se puede por tanto asentar, por ahora, que el principio del movimiento ascensional del territorio mexicano hácia las regiones centrales del país, está demarcado por las capas superiores de la arenisca verde guanajuatense, y para determinar el final, y acaso las oscilaciones de ascenso y descenso á que haya estado sujeto, se hace preciso examinar el cuaternario, especialmente en las comarcas de ambas costas.

El estudio de los fósiles correspondientes á las capas aisladas á diversas alturas apoyadas contra los declives de nuestras montañas, dará mucha luz sobre la época de los diversos impulsos ascensionales de las cordilleras mexicanas.

Es notable en gran manera que no se hayan encontrado fósiles en las capas bien definidas de los conglomerados y areniscas de Guanajuato. El estudio detallado de esos depósitos, mostrará la presencia de los fósiles ó las circunstancias que hayan mediado para que no aparezcan. Es conveniente insistir en esa localidad sobre este interesante asunto, porque en la mayor parte de las comarcas que he recorrido en las regiones centrales de la República, estos depósitos están en su totalidad convertidos en pórfidos de estratificacion confusa, y es más difícil por estas circunstancias encontrar esos restos.

Reasumiendo lo relativo á la constitucion geológica del grupo de montañas de Guanajuato, mis apreciaciones son las siguientes:

1ª Que los depósitos sedimentarios comprendidos en el grupo de la arcilo-esquista, la vácia gris y la caliza, pertenecen en la serie cronológica general de las rocas, al sistema cretáceo, y que por lo ménos los miembros más elevados de dichos depósitos, si es que no todos, corresponden al cretáceo superior, desviado de su posicion primitiva, y metamorfoseado, al concluir el período, por las emsiones diorito-sieníticas.

2ª Que despues de un intervalo de reposo de las acciones ígneas, en el cual pudo comenzar la sedimentacion de las capas pertenecientes al sistema coceno, apareció en algnnas regiones la liporita granitoide, confinando con la esquisto-diorita, y con un

desarrollo mucho menor que las emisiones diorito-sieníticas, y por consiguiente las elevaciones montañosas que presenta, se encuentran del todo subalternadas.

3ª Que despues de este período de emersion de la comarca, sobrevino otro, segun parece, de sumersion, manifestado por el grueso depósito de conglomerados y areniscas pertenecientes al sistema eoceno, en su mayor parte, sobrepuestos en discordancia sobre las rocas esquistosas; pero sin que me sea posible con los datos que hasta hoy tengo recogidos, apreciar si las capas superiores de estas rocas fragmentarias, desnudas de toda superposicion, pertenecen aún al eoceno, como parece más probable, ó si tambien el mioceno se encuentra en parte allí representado.

4ª Que todo el sistema de conglomerados, no solamente el de Guanajuato, sino los de una superficie considerable de la República Mexicana, tomaron un movimiento de emersion graduado, cuando las últimas capas se hubieron depositado, movimiento que aún se encontraba en accion durante el plioceno superior, que todavía es marino en Ameca de Jalisco, á 1,500 metros de altura absoluta. Este desarrollo ascensional fué debido á las acciones basálticas, que además trasformaron en pórfidos metamórficos la mayor parte de los conglomerados.

5ª Que despues de completada la emersion y levantamiento del territorio mexicano durante la época cuaternaria, sobrevino un nuevo impulso basáltico, que, ó se abrió paso franco á través de los acarreos cuaternarios, ó simplemente levantó estos acarreos con sus capas contiguas, y los metamorfoseó trasformándolos en pórfidos traquíticos.

6ª Que como fenómenos correlativos con la última emision basáltica, se encuentran abundantes depósitos hidrotermales, calcáreo-silizosos, con algo de ferruginosos algunas veces, dispersos en las regiones centrales del país, al lado de manantiales, ó extinguidos, ó todavía en actual actividad; perteneciendo á los últimos, en Guanajuato, las termas de Aguas Buenas y de Comanjilla.

Quizá me haya alargado demasiado en este bosquejo geológico; pero la materia me parece de profundo interes, no solamente para el distrito minero á que me refiero, sino aun para la mayor parte de nuestros distritos argentíferos. Por otra parte, muy generalmente se aceptan aun las apreciaciones geológicas antiguas,

que si bien, como la de Guanajuato, provienen de un sabio tan ilustre como el baron de Humboldt, es preciso modificarlas de acuerdo con las exactas observaciones paleontológicas referentes á formaciones mexicanas realizadas hasta el dia. Confío en que mis apreciaciones serán vistas con indulgencia por nuestros especialistas, y que si en ellas he cometido errores, éstos serán rectificados por medio de otras observaciones y otros estudios de verdadero mérito, que darán á conocer mejor la constitucion geológica de nuestro suelo hasta ahora poco explorado.

---

## CAPITULO III.

### Criaderos metalíferos de las montañas de Guanajuato.

En el capítulo primero he dado á conocer la importancia de las vetas guanajuatenses, juzgada por el desarrollo que adquiere la produccion argentífera, en los períodos de apogeo provenidos del enriquecimiento de las explotaciones. Conveniente me parece ahora dar una idea de la constitucion de estas vetas y de su situacion enmedio de las rocas, cuyo agrupamiento acabo de bosquejar.

Los materiales para este trabajo no escasean, dispersos en las obras científicas que ántes tuve ocasion de mencionar, que se ocupan particularmente ó por incidente de nuestras minas, y en las cuales aparecen párrafos especiales de no poca importancia, dedicados al distrito de minas de Guanajuato. Por mi parte he podido recoger algunos datos, y así de éstos como de los ya publicados, formaré un resúmen para la descripcion general de estas vetas, que merecen ciertamente cada una de ellas los honores de una descripcion particular, y es de esperarse que en época no lejana los profesores é ingenieros inteligentes que no escasean en Guanajuato, tengan á bien presentarnos estudios pormenorizados sobre un asunto tan interesante.

Puede decirse que toda la superficie de terreno que he comprendido bajo el nombre de Sierra de Guanajuato, ó sea la totalidad del grupo de montañas que por el Sureste se enlaza con la Sierra

de Mendoza y de Santa Catarina, y por el Noroeste con la de San Felipe y de Comanja, se encuentra más ó ménos surcada de vetas argentíferas, que afectan el rumbo general de las grandes accidentaciones situadas en el centro del territorio mexicano, del Sureste al Noroeste.

La superficie de diseminacion de todas las vetas guanajuatenses, conocidas hasta ahora, explotadas las unas, y más ó ménos exploradas las otras, está comprendida dentro de un cuadrado de veintiocho kilómetros por lado, ó sean 784 kilómetros cuadrados, con un azimut aproximado para dos de sus lados correspondiente á la direccion general de la Veta Madre.

El distrito de minas de Freiberg, en Sajonia, con sus seis sistemas de vetas, segun la clasificacion de los Sres. Michel Levy y Choulette,[1] con más de mil vetas dispersas en el gneis, "de las que ciento cincuenta forman lo que se llama la formacion cuarzosa noble, caracterizada por la asociacion del cuarzo, del rosicler, de la plata sulfúrea y de la plata nativa,"[2] escalonadas en antigüedad desde los sedimentos del trias y del lias, hasta la época de las expansiones basálticas y fonolíticas [cuyas huellas aún se reconocen por numerosas fuentes termales]; es decir, que el período metalífero inaugurado en las primeras épocas de la Era secundaria, despues de un probable reposo más ó ménos prolongado, ha continuado marcadamente hasta los últimos sistemas del terciario; este distrito de variados sistemas de vetas, constituidos á través de tan dilatadas épocos geológicas, no ocupa más superficie, segun la carta de Mr. de Beust,[3] copiada por Burat, que la comprendida por un rectángulo de 14½ por 7 kilómetros, ó sea la octava parte de la superficie guanajuatense.

Los diez grupos de vetas exploradas en Clausthal, en el Haiz, se encuentran comprendidos dentro de un rectángulo de 7 por 9 kilómetros, ó sea dentro de una área 12½ veces menor que la de Guanajuato.[4]

1 *Anales des Mines.* Paris, 1871.

2 *De Lapparent, Traité de Géologie.* Paris, 1883, pág. 1183.

3 *Théorie de Cites Métallifères.* Paris, 1845, pág. 88. Este plano y el de las vetas del Haiz, ha sído reproducido por Mr. Burat en las ediciones más recientes de sus obras.

4 Burat. Obra citada, pág. 41.

El plano geológico del distrito minero de Zacatecas, levantado por Burkart, y que encierra casi toda la superficie metalífera hasta ahora conocida de esa importante serranía, no abraza más extension que la de 17 por 12 kilómetros; ó sea, casi $3\frac{3}{4}$ menor que la de Guanajuato, y sin embargo, la actividad del trabajo zacatecano ha sido tal, que no obstante las bajas leyes de los frutos, produce casi tanta plata como aquel distrito.

Pachuca, el Real del Monte y el Mineral del Chico reunidos, en la region explorada formalmente, quedan comprendidos dentro de un rectángulo de $10\frac{1}{2}$ por 8 kilómetros, ó sea, dentro de una superfitie $9\frac{1}{3}$ veces menor, y no obstante ésto, la eficacia de las explotaciones hace que la produccion en plata sea igual á la de Guanajuato. Las minas de Catorce, en la zona activamente explotada, quedan encerradas dentro de un rectángulo de $4\frac{1}{2}$ por $3\frac{2}{3}$ kilómetros y, sin embargo, la riqueza de las vetas ha sido tal, que ha producido por año más de las dos terceras partes de la plata que Guanajuato ha puesto en circulacion.

Si se atiende al número, á la potencia y al desarrollo en direccion de las vetas guanajuatenses dispersas en tan amplia superficie, se llega en vista de los datos comparativos que acabo de asentar á la conclusion, de que el distrito de minas de Guanajuato ha sido relativamente explotado con ménos actividad.

De todas las vetas conocidas en la serranía guanajuatense, ninguna llega á tener la importancia de trayecto y de potencia que la célebre Veta Madre, descubierta hácia la mitad del siglo XVI; en consecusncia, siendo la individualidad más desarrollada entre todas las vetas, la tomaré como de referencia para la descripcion general de toda la zona metalífera. Aparte de las vetillas más ó ménos directamente relacionadas con ella, existen grupos de vetas al alto, ó sea hácia el Suroeste de su trayecto, y otros más numerosos al bajo ó sea hácia el Noreste de dicho trayecto.

Pudieran, pues, clasificarse las vetas de la serranía guanajuatense, casi todas de direccion Noroeste, de la manera siguiente:

1º Grupo de la Veta Madre caracterizado por la presencia de una asociacion de vetas más ó ménos aproximadas, y que á veces se encuentran reunidas bajo la manifestacion de un solo creston.

2º Vetas del Nopal situadas á corta distancia de este gran cuerpo hácia el alto de trayecto limitado y de potencia reducida.

3º Veta angosta de Flor de María caracterizando las situadas al bajo de la Veta Madre.

4º Vetas de la Joya y Puertecito, al alto del gran criadero, en la region diorítica y á distancia de algunos kilómetros.

5º Vetas de la Luz y de Plateros, todavía más al alto, formando el límite hasta ahora explotado hácia ese rumbo de la region metalífera.

6º Vetas hácia el bajo de la Veta Madre situadas á algunos kilómetros de distancia, correspondientes á una region extensa y en gran parte poco explorada.

La Veta Madre presenta el notable ejemplo de un criadero argentífero conocido por lo ménos en un trayecto de 20,000 metros, contados desde el socavon de Arizona al Noroeste, en las vertientes del Sur del Cerro de Buenavista, enfrente de las montañas del Gigante, hasta las catas más avanzadas situadas sobre los ramaleos que prosiguen al Sureste del paralelo de la cata de la Zorra, sobre las vertientes del arroyo del Cubo ó de Marisánchez. Pretenden algunos mineros haber seguido las impresiones de esta gran veta al Noroeste del socavon de Arizona hasta las montañas del Gigante y aun se han abierto algunas investigaciones de halagüeño aspecto sobre estas vetas. Sin contradecir esta asercion, solamente haré observar que no está enteramente asegurado que los criaderos explorados sean la continuacion de la célebre Veta Madre.

Hácia las regiones al Suroeste del Puerto de Habilidad, la veta se ramalea segun dicen personas conocedoras de la localidad, y aun hay quien asegure que la Veta Madre, en su curso, se oculta en el sitio llamado "La Playa" bajo los depósitos cuaternarios de la llanura. Si estas aserciones se ratifican en el sentido de que las vetas recorridas pertenezcan al curso de una misma, entónces se podrá contar con que la Veta Madre sigue un trayecto general conocido de 30,000 metros.

Estas longitudes de desarrollo en direccion de un criadero argentífero, son bastante notables para dejarlas de tomar en consideracion de una manera especial, y tanto más, cuanto que no se puede citar otro ejemplo hasta ahora que yo conozca en la República Mexicana de una veta prolongada de esta manera. La notable Veta Grande de Zacatecas, tiene un curso conocido de 10,000 metros nada más, partiendo de su terminacion por adel-

gazamiento en la falda oriental del Cerro de Mirandilla, hasta su aniquilamiento por ramaleo en el descanso de la serranía al Noroeste, por el rumbo de Chupaderos. El dique veta de la Cantera, en la parte en que he podido recorrerlo, alcanza un desarrollo de 14,000 metros, atravesando la serranía zacatecana, y prolongándose al Suroeste por bajo los depósitos cuadernarios más recientes del valle, hasta la poca elevada cordillera de Trancoso.

La veta Madre de Catorce, que justamente se hizo célebre en el último cuarto del siglo pasado y en principios del presente, por la crecida cantidad de plata que produjo, apénas alcanza un desarrollo de 4,000 metros, contando en ellos, los trayectos de ramaleo, por intermedio de los cuales toca á sutérmino.

El muy notable criadero argentífero de Comstock, en Nevada, célebre en la historia de los metales preciosos, descubierto en 1857 y reconocida su riqueza hasta 1859, se ha demarcado con certidumbre en una longitud de 5,700 metros, pero es probable que al ménos tenga un trayecto de 7,200.[1]

La veta Madre no ha sido explotada en toda su gran longitud, y aún hay grandes trayectos en que no se ha explorado, y que por tanto nunca ha estado cubierta por pertenencias. Las explotaciones más desarrolladas se encuentran comprendidas en dos grupos, el más importante de los cuales por la extension longitudinal de sus labrados, y por la profundidad á la que han llegado, es el interpuesto entre el tiro de Esperanza (situado en la parte elevada de la montaña sobre cuya vertiente que mira al Sur se hallan abiertas las escavaciones de la célebre mina de Valenciana) y el tiro general de San Miguel de la mina de Sirena, en una distancia de casi 4,400 metros.

El segundo grupo situado al Sureste del anterior, y separado de él por un maciso inexplorado de casi 2,200 metros, explotado por minas de mucha menor extension y profundidad en sus labrados, es tambien de menor longitud, supuesto que únicamente alcanza entre el tiro general de San José, perteneciente á la mina de San Rafael, y la boca mina de Cardones, á 2,000 metros. Las exploraciones abiertas sobre la Veta más al Sureste de este segundo grupo, hasta ahora no han alcanzado buen éxito.

1 *The Mising and Metallurgy of Gold and Silver by J. Arthur Phillips, Mining engineer.*—London 1867.—Página 290.

Al Noroeste del primer grupo, existen algunas explotaciones, que no carecen de importancia, tampoco se han hecho notables por los provechos que hayan producido, y por tanto se han conservado sin alcanzar un notable desarrollo en sus labrados. Entre estos se distingue la mina de Providencia de la Cebada, que es la exploracion más formal situada al Noroeste de la Veta Madre. Avanzando más hácia el mismo rumbo, se encuentran las minas que tuvieron los nombres siguientes: Los Angeles, La Noria, La Góngora y Santa Ignacia, y más adelante se encuentra el Socavon de Arizona.

Entre este sitio y las catas de la Zorra, en un trayecto de 20,000 metros, la Veta Madre no pronuncia sus crestones en lo general por el relieve que formen, bien que se distingan del terreno que los encierra por su diverso aspecto mineralógico.

El Sr. Arenas, D. Pascual, profesor de Explotacion de Minas en la Escuela Práctica del Colegio Nacional de Minería, en sus notas escritas durante el curso de 1860, consignó la que sigue, correspondiente á Junio 18: "Visitamos el punto más al Noroeste en el que se trabaja sobre la Veta Madre en la Arizona. Este está situado en la Cañada de Buenavista, entre la serranía de este nombre y la del Ojo de Agua, colocado al pié del Gigante. Esta investigacion ha sido emprendida cinco años hace bajo la direccion del Sr. Luis Robles, que fué quien eligió el punto y formó la compañía aviadora.

"La Veta Madre en esta region se presenta muy descompuesta, frecuentemente mezclada con la roca de la montaña que es sienita muy abundante en cuarzo y feldespato, lo que hace que no se pueda distinguir con precision cuál es la veta y cuál la roca. Es muy abundante en blanduras, escasa en toda especie de pintas metalíferas, aun en piritas y óxidos de fierro, y en cuanto á ley de plata, sólo unos frutos de un pozo dieron dos márcos por monton de treinta y dos quintales.

"El rumbo medio de la veta es de 50 Noroeste [magnético]; su echado se acerca á 60° y su potencia es muy difícil de apreciar por lo dicho ántes. Segun parece se han reconocido tres vetas distintas, todas con la pinta dicha."

La masa que llena la comisura de la veta se encuentra de tal modo arcilificada, que á consecuencia del agua que brotaba del

interior de la montaña, no era posible conservar abiertas las obras enmedio de esta gran blandura, sino por medio de ademes que indispensablemente cubrian el cielo los laterales y el piso del labrado.

Quizá las dificultades que surgieron para la consecusion de esta exploracion hayan motivado el retraimiento para emprender otros cateos en esas regiones de la veta, de la cual gran trayecto se encuentra sobre el Cerro de Buenavista, crestoneando sin que nadie se halla aventurado á reconocerla ni aun por medio de algun trabajo pequeña. Se puede, pues, decir que de la mina de Providencia para el Noroeste, la Veta Madre ha sido poco explorada, sin que se haya podido radicar una explotacion siquiera incipiente. En la mayor parte de esta region, la veta sigue su curso superficial bien definido encerrada entre la formacion esquisto-diorítica y mostrando en sus crestones abundantes productos arcillosos; pero sin que sea posible tener una idea de la riqueza argentífera de ella.

Conviene recordar con este motivo que la Veta Grande de Zacatecas, explotada en trayectos largos entre una roca esquistosa muy inclinada á diorita, en pocos sitios se ha presentado la plata desde la superficie, en términos de hacer costeable el disfrute, y en consecuencia, así para esta como para otras vetas, el minero zacatecano al emprender sus exploraciones, cuenta con la necesidad de profundizar sus obras unos 100 metros al ménos, para lograr las probabilidades de alcanzar frutos costeables y aun productivos.

La mina de Providencia de la Cebada se encuentra situada en una region en que la veta cruza por entre la formacion esquisto-diorítica, más inclinada á pizarra negra "hoja de libro," francamente foliada y teñida por el carbon. El espesor de la veta en esta mina es de 2 á 8 metros, limitada de una manera franca por la esquista en atencion á no estar divida en varios cuerpos ó ramales.[1]

La masa general de la veta es brechiforme, de pequeños y de grandes fragmentos por la abundancia de la roca de los respaldos, más ó ménos cuarzificados. Como matrices aparecen además el

1 *E. Tilman Der Berglan und das Amalgamations.—Verfahren indem Bergwerks.—Distrikte von Guanajuato in Mexico. Münster.*—1886.—pág. 21.

bruno-espato [*braunspath*] y la amatista más ó ménos cristalina y como acompañantes, pirita diseminada, muy particularmente en los trozos de la esquista negra; chalco-pirita ó pirita de cobre y galena del grano pequeño. La pinta argentífera consiste principalmente en argentita ó plata sulfúrea, y en naumannita ó seleninzo de plata asociados y finamente incorporados al cuarzo.[1]

Entre la mina de Providencia y la de Esperanza se encuentran las pertenencias de Caleras, Santa Gertrudis y Guanajuatito, mal conocidas á la profundidad actualmente; pero la veta manifiesta con claridad sus crestones en todo este trayecto, constituido por la formacion esquisto-diorítica, inclinándose unas veces á esquista, otras á diorita, y al cruzar la Cañada de Esperanza corta los bancos alternantes de diorita y de sienita. Esta region no tiene historia notable; de manera que sus productos no han estimulado el desarrollo de una explotacion activa.

Al llegar á Esperanza, he tocado el límite Noroeste del grupo de minas más importante situado sobre la Veta Madre, grupo que no solamente ha hecho célebre esta veta, sino el nombre mismo de Guanajuato. El creston de ella puede observarse claramente siguiendo las inflecciones del terreno, desde las pertenencias de Esperanza hasta la vertiente que mira al Este en la Cañada de Sirena, límite marcado de todo este grupo de minas.

El Sr. Tilmann[2] presenta una observacion importante relativa á la Veta Madre, cuando dice: "En el contacto de las formaciones de la arcilo-esquista y del conglomerado rojo compacto; conglomerado que asume una inclinacion en sus capas contraria á la de la veta, obró la fuerza expansiva con poder reflectorio sobre los bancos más blandos del arcilo-esquista; por consiguiente los cuerpos de la veta que siguen en profundidad al conglomerado, no se ramalean, y por tanto el conglomerado mismo se impregna de pirita y de mineral argentífero, y no es raro que en esas regiones la plata se acumule en depósitos importantes. Hácia abajo la esquista se encuentra impregnada por todas partes de pirita, y resquebrajada en una anchura de 150 metros; conteniendo muchos cuerpos en forma de ramaleos, así como tambien cuerpos robustos y constantes en forma de vetas.

1 Estas notas he podido tomarlas á la vista de la coleccion de piritas de la Veta Madre remitida á Nueva Orleans y por mis notas relativas á las minas.
2 Opúsculo citado página 16.

"Por consiguiente el yacimiento siguiendo al conglomerado rojo, designa la region de mayor riqueza metalífera."

Mas adelante agrega, al referirse á las cuadras de la mina de Esperanza:[1] "aquí comienzan, dice, con la sobreposicion del conglomerado rojo, los primeros descubrimientos de grande importancia atestiguados por los comidos subterráneos."

En efecto, todo el trayecto en que la Veta Madre ha crestoneado acompañada por el conglomerado rojo en el alto, y por la esquista en el bajo, aparece notable por haber sido una region más ó ménos productiva, y los multiplicados labrados de exploracion y de disfrute en este concurso, han alcanzado una profundidad de la cual distan mucho las demas zonas explotadas en el mismo criadero. Este trayecto en que la comisura precursora de la veta, siguió próximamente la superficie aplanada de superposicion del conglomerado sobre la esquista, es precisamente por su riqueza el que constituye el grupo de minas de mayor celebridad situado sobre la Veta Madre.

Quizá esta influencia notable de la disposicion de las rocas que encierran el criadero, en este tramo, pudiera explicarse por su franca separacion para constituir la gran comisura, al hendirse todo el grupo de montañas á fin de dar márgen á la formacion de esta poderosa veta; supuesto que la área de union toscamente plana entre la esquisto-diorita y el conglomerado rojo que le está superpuesto, decidió con facilidad un plano natural de crucero para la fractura de la corteza terrestre. De esta manera la grieta superficial habiendo quedado abierta de una manera más ó ménos marcada, los líquidos cargados de las sustancias en disolucion, no han sufrido serios entorpecimientos para ascender ó descender libremente por entre las paredes de la comisura, que determinó la formacion de este notable criadero de incrustacion.

La descripcion de este trayecto de veta justamente célebre, merece efectuarse en un volúmen especial. De mi parte para llenar mi propósito, me limitaré á presentar una rápida descripcion de tan singular comarca.

El creston de la veta en esta region aparece con un espesor de muchos metros, sin que superficialmente se limite en lo general de una manera clara en qué sitio concluye la veta y á dónde prin-

1 El mismo opúsculo página 21.

cipia la roca de la montaña. El metamorfismo filoniano se ha propagado por imbibicion, y los relices ó caras de fractura que obedecen á la formacion de la gran comisura, establecen una especie de ramaleo hácia el alto y hácia el bajo de la veta.

Este creston tiene dos ensanchamientos que corresponden á los tramos de la veta que descuellan por haber sido los más productivos de la region. El primero está situado al Noroeste de las cuadras de la mina de Tepeyac, y comprendido por consiguiente dentro de las pertenencias de Valenciana, con una longitud aproximada de 300 metros y una anchura de 20 á 30 metros. Vista la situacion de los multiplicados disfrutes de Valenciana y la posicion del ensanchamiento, pudiera estimarse éste como una manifestacion exterior correspondiente á los poderosos depósitos argentíferos explotados en la célebre mina citada; depósitos que en tal caso habrian ascendido, no precisamente por la línea de mayor pendiente, sino siguiendo un curso del Noroeste en la profundidad hácia el Sureste en la superficie, como si el trayecto superficial de veta estéril al Noroeste de Esperanza, hubiera obligado á los líquidos incrustadores á buscarse un ascenso por la parte de la comisura, hoy correspondiente á Valenciana.

El segundo ensanchamiento del creston, que es el más notable, se extiende desde las cuadras de la mina de Cata hasta las correspondientes á las minas de Santa Anita, sobre una longitud horizontal á rumbo de veta de casi 1,200 metros, y un espesor variable que pudiera estimarse en su generalidad en 50 metros. El sitio más adecuado para formarse una idea de la grandiosa formacion de este criadero, en el ensanchamiento, es el de las inmediaciones del tiro de Fraustros. La Veta Madre se encuentra allí comida á cielo abierto, y como ella misma por la region del alto formaba el declive de la montaña, su disfrute tiene cierto aspecto del trabajo de una cantera extendida en la masa general de ella. El geólogo europeo se encontraria sorprendido á la vista de tan vasto criadero, constituyendo de por sí una verdadera montaña, que sin embargo de la enorme cantidad de carga que ha producido, aún queda en su sitio una gran masa pobre ó estéril para atestiguar la magnitud de tan singular veta.

Se hace tambien notable que este trayecto de ensanchamiento del creston, corresponde á una amplia zona explotada provecho-

samente por las minas de Cata, Animas, Sechó, Mellado y Rayas; zona en la cual la region metalífera, á juzgar por el conjunto de los disfrutes, asciende con cierta inclinacion del Noroeste en la profundidad para el Sureste en la superficie.

Entre ambas regiones de reconocida riqueza correspondientes á los ensanchamientos del creston, se encuentran las cuadras hasta ahora improductivas de Tepeyac, no obstante las investigaciones cuidadosas practicadas á fines del siglo pasado por sus antiguos dueños, estimulados por los pingües productos de su vecina la mina de Valenciana.

Desde Santa Anita y San Vicente hasta Sirena, límite del grupo importante de minas de esta region, la Veta Madre presenta un creston más ó ménos regularizado, correspondiente á una zona de productos ménos abundantes y más inconstantes, y por consiguiente, en lo general han sido trabajadas con ménos actividad.

Quizá el minero europeo pudiera imaginarse que una veta tan célebre en los fastos de la produccion argentífera pronunciara sus crestones de una manera arrogante, destacándose de entre las rocas de las montañas que atraviesa; pero nada más contrario á esta suposicion, y si se exceptúa el marcado relieve que presenta en la mina de Fraustros, apoyada por el lado del bajo contra la roca esquisto-diorítica, y el todavía más notable creston cuarzoso de esta veta que se levanta aislado excepcionalmente de una manera bizarra y entre las minas de Purísima y Cardonas, en el grupo de minas de la region del Sureste, á manera de una montaña; en ninguna parte he visto que estos crestones se presenten sobresaliendo notablemente de la roca que los encierra.

Desde Esperanza hasta Sirena, la Veta Madre en toda esta region notable se manifiesta con la propension de dividirse á la profundidad en varios cuerpos de veta, que durante un largo período se creyeron limitados á tres, que recibieron por su situacion los nombres de "cuerpo del alto;" "cuerpo de en medio" y "cuerpo del bajo;" pero la secuela de los trabajos de explotacion ha venido demostrando con el tiempo, que esta clasificacion no puede ser absoluta, supuesto que la propension al ramaleo de esta gran veta, origina su division en mayor ó menor número de cuerpos, veti-

llas y aun hilos, "lo que acredita, dice el Sr. Arenas, que la Veta Madre está formada de un rebosadero ó haz de hilos."[1]

El laborioso Profesor D. Pascual Arenas, en el curso de explotacion de minas de 1860, efectuó algunos estudios sobre la Veta Madre, que conservamos en copia los que por aquella época tuvimos el honor de ser sus discípulos. Al hablar de la mina de Mellado se expresa de la manera siguiente: "La veta presenta tres aglomeraciones de hilos, vetas ó hijuelas; que forman los tres cuerpos de los mineros de Guanajuato, con los nombre de *alto*, *medio* y *bajo*. La mayor parte de los laboríos están en el cuerpo del alto, y en el del de en medio; y muy pocos en el bajo; de manera que, la riqueza de estos cuerpos siguen el órden en que se encuentran sobrepuestos, empezando por el alto."

Al ocuparse de la mina de San Lorenzo, dice: "La Veta Madre experimenta pocas variaciones de Cata á San Lorenzo..... Comenzando á examinarla del alto al bajo, observamos desde luego la blandura verde pegada inmediatamente al respaldo alto del cuerpo alto, y formada segun creimos de *jabones* cloritosos y de roca verde. En esta mina no se conoce el espesor de la blandura, pero se puede asegurar que es de más de cuatro metros, por lo que se ha visto en algunas obras de crucero. Despues viene el cuerpo alto abundante en pintas verdes y *morados*, de un espesor de diez metros, y sobre el cual se tienen pocos laboríos cargados en la parte más cercana á la superficie. A la profundidad el cuerpo se reduce bastante en espesor, de modo que á los 95 metros tendrá de 5 á 6. El intermedio que divide este cuerpo del siguiente es muy delgado en la parte superior, y formado de pizarras muy mezcladas con cuarzo. A los 95 metros de profundidad puede tener este intermedio tres metros de espesor.

"El cuerpo medio parece estar formado de tres distintos ramales segun los relices y caballos observados en su masa, aunque á decir verdad no se percibe igual cosa en todos los laboríos. Las pintas dominantes son los colorados y los *charrascos*, y el cuarzo es más abundante que en los otros cuerpos. El espesor de este puede graduarse en 19 metros. El intermedio que sigue es de pizarra "hoja de libro," muy delgado en la parte superior y más

1 Apuntes inéditos del Profesor de Explotacion de minas D. Pascual Arenas.

grueso á la profundidad de 95 metros, en donde aparece con 4 ó 5.

"El cuerpo bajo, caracterizado siempre por encerrar muchos fragmentos de pizarra, está muy unido al cuerpo medio en la parte superior, y excesivamente ramaleada al bajo, de tal manera que los cruceros de san Lorenzo que lo atraviesan en 16 metros, no lo acaban de cortar, y es probable que se junte con los hilos del bajo llamados del Caliche, que distan 35 metros de crucero al bajo.

"El cuerpo del bajo es muy abundante en *bronces*, de los que unos son ricos y otros muy pobres, de dos marcos por monton de 32 quintales. El *bronce* rico se encuentra en masas y venas, y el pobre [*bronce crudo*] aparece en cristales cúbicos."

Al referirse á la mina de Guadalupe de Cata, se expresa del modo siguiente: "La Veta Madre en los altos de Cata y en la bocamina, debe tener un espesor de 25 á 30 metros, comprendiendo seis ú ochos hilos distribuidos en cuatro cuerpos..... La Veta Madre en el piso de San Márcos [á 178 metros verticales del brocal del tiro general] alcanza una anchura de 105 á 109 metros; de manera que conforme se desciende, se separan más y más los cuerpos porque el del bajo tiene una inclinacion más fuerte que los otros."

Existe una obra que deja conocer con exactitud la colocacion relativa de los cuerpos que constituyen la Veta Madre, y es el socavon abierto en la mina de Rayas para la salida de las aguas elevadas por el tiro general, que se encuentra destacado de crucero casi recto á la veta, partiendo de las regiones del alto. Su trayecto es el siguiente, segun los datos que se sirvió comunicarme el Ingeniero D. Ignacio Ibargüengoitia:

| | | |
|---|---|---|
| De la boca al corte del alto del primer cuerpo formal de la veta, sobre conglomerado rojo..... | 280 | metros. |
| Anchura del primer cuerpo cortado..... | 18.50 | ,, |
| Del bajo de este cuerpo á la esquista "hoja de libro" sobre esquisto-diorita descompuesta..... | 15.70 | ,, |
| Tramo de la esquista franca "hoja de libro"..... | 86.70 | ,, |
| Espesor de otro cuerpo de veta ..... | 10.15 | ,, |
| Continúa el socavon sobre anfibolita alterada con ramaleos de veta correspondientes á los cuerpos del bajo..... | 56.72 | ,, |
| Total longitud del socavon crucero..... | 467.77 | metros. |

El conglomerado rojo, franco á la entrada del socavon, se modifica marcadamente conforme se encuentra más próximo á la veta, por las acciones filonianas, reveladas por la presencia de la pirita, y por acciones zeolítico-cuarzosas que han obrado sobre él.

Humboldt observó la semejanza de la célebre veta *Spital* de Schemnitz en Hungría con la de Guanajuato.[1] Segun los estudios modernos, el grupo más importante de los criaderos húngaros auro-argentíferos se campone de siete vetas, de las que cada una es más bien un *conjunto de comisuras* que una veta propiamente dicha, pudiendo llegar á 40 metros la distancia entre las dos vetillas extremas de un mismo conjunto."[2]

El Sr. D. Francisco Glennie, hábil y experimentado Ingeniero que hace largos años dirige las vastas empresas mineras del acaudalado Sr. D. Miguel Rul, me ha hecho observar la multiplicidad de relices que presenta la Veta Madre en su espesor, tanto hácia las regiones del alto como hácia las del bajo, imitando la forma de pequeños cuerpos de veta encerrados en la masa general del gran cuerpo guanajuatense; por consiguiente, parece que no se puede dudar, en vista de lo expuesto, que la gran formacion metalífera de la Veta Madre es, como las de Hungría, una asociacion de vetas aglomeradas en el campo, franqueado por una gran comisura, que á la vez sirvió de falla para dislocar el terreno en las diversas evoluciones trascurridas hasta la completa consolidacion del criadero.

Esta tendencia al ramaleo reconocida en las explotaciones de la mina de Valenciana, se propaga hasta la mina de Sirena, límite opuesto de este importante grupo minero; pero no con igual intensidad, porque á medida que la gran comisura se estrecha, todo el criadero se enangosta, los ramaleos se circunscriben, y los intermedios de roca que los separan, llamados *caballos*, se limitan á cortos espesores, como acontece en Sirena. Así pues, la importancia y el número de los cuerpos, coincide en esta region con el apogeo productivo del criadero, lo cual parece confirmar que se trata de las mismas emisiones metalíferas depositadas en los diversos

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, 2ª Edicion Castellana.—Paris.—1827.—Tomo III, página 82.
2 *A. de Lapparent, Traité de Géologie.*—Paris.—1883.—página 1,186.

cuerpos, conforme lo permitian las evoluciones ocurridas dentro de la comisura misma.

Un hecho se hace notable, sobre todo en Valenciana, que la Veta Madre á la profundidad se divide en cuerpos que toman cierta divergencia, ensanchándose los caballos hácia abajo, y que por tanto se manifiestan como cuerpos de veta independientes, pero asociados de una manera singular por su reunion para formar un solo creston. Esta manera de presentarse de este célebre criadero, forma en cierto modo la contrapartida del tambien muy notable de Comstock en Nevada, en el Oeste de los Estados Unidos; cuyo creston ensanchado á 200 ó 300 metros, y dividido por *caballos* de roca, á la profundidad el espesor se va reduciendo, porque el reliz del bajo desciende con su inclinacion media de 50°, miéntras que el más avanzado al alto, desciende desde luego verticalmente, y despues tomando una fuerte inclinacion, se va acercando al bajo, estrechando los *caballos*, y por fin, tomando cierta tendencia de paralelismo con el bajo, el gran criadero superficial viene á quedar definido á la profundidad tomando la forma de una veta robusta.[1]

No deja de llamar la atencion que los poderosos criaderos auro-argentíferos citados de Hungría y de Nevada, congenéricos del de Guanajuato por su desarrollo y por la asociacion de los dos metales preciosos, objetos de las explotaciones, pertenezcan todos á los períodos geológicos más recientes. En efecto, segun el Baron Richthofen, la concentracion de los metales preciosos en las comisuras parece haber coincidido exactamente con la expansion de las riolitas, [rhyolithes] supuesto que, únicamente en la inmediacion de estas rocas ácidas es donde las andesitas de la Hungría y de la Transilvania encierran los criaderos argentíferos y auríferos. El llenamiento, pues, data del fin del mioceno ó de la inauguracion del plioceno."[2]

En cuanto al criadero de Comstock "es una grieta irregular, abierta en el contacto de una sienita con una andesita anfibólica, calificada por M. de Richthofen de propilita [propylite]. Despues

1 *J. Arthur Phillips The Mining and Metallurgy of Gold and Silver.*—London.—1867, página 290.—*A. de Lapparent, Traité de Géologie.*—Paris.—1883.—página 1,186.

2 *A. de Lapparent, Traité de Géologie.*—Paris.—1883.—Pág. 1,187.

de la erupcion de esta última roca, una andesita ordinaria ha salido al exterior, conduciendo consigo poderosas emanaciones *solfatáricas*, que descompusieron la propilita y la impregnaron de mineral, miéntras que, por todo el rededor, se depositaban enormes masas de cuarzo gris ó rosado." "La formacion y el llenamiento de esta notable grieta, datan del fin del período mioceno."[1]

No he podido fijar, con los datos que he recogido en las montañas, el período en el que se ha llenado la comisura de la Veta Madre guanajuatense; período que quizá pueda determinarse si llega á tocar, como se asegura, los depósitos cuaternarios de la llanura; pero si esta veta es contemporánea de las de Zacatecas y Pinos, entónces su llenamiento ha concluido al principio del cuaternario.

"La Veta Madre, dice el Baron de Humboldt[2] pasa al mismo tiempo al través de la pizarra arcillosa [thonschiefer] y el pórfido, y en ambas rocas ha dado riquezas metálicás grandísimas. Su direccion media es de horas $8\frac{4}{8}$ de la brújula del minero [$52\frac{1}{2}°$ Noroeste], al poco más ó ménos la misma que la de la Veta Grande de Zacatecas y de las vetas de Tasco y de Moran, todas las cuales son vetas occidentales [*Spath gange*, vetas vespertinas cuya direccion es entre el Noroeste y el Oeste]. La inclinacion de la veta de Guanajuato es de 45 á 48 grados al Suroeste. Ya hemos indicado arriba que se le ha beneficiado en un hilo de 12,000 metros, y con toda la enorme masa de plata que ha dado de doscientos años á esta parte, y que por sí sola habria bastado para alterar el precio de los géneros en Europa, se ha extraido de sólo la parte de la veta contenida entre los tiros de la Esperanza y de Santa Anita, en un espacio de ménos de 2,600 metros. En esta parte es donde se hallan las minas de la Valenciana, Tepeyac, Cata, San Lorenzo, Ánimas, Mellado, Fraustros, Rayas y Santa Anita, que en distintas épocas han tenido gran celebridad."

Más adelante continúa del modo siguiente:

"La Veta madre de Guanajuato presenta el extraordinario ejem-

1. *A. de Lapparent*, obra citada, página 1,186.

2. *Ensayo político sobre Nueva España.* 2ª edicion castellana.—Paris. 1827. Tomo III, página 81.—El Sr. Humboldt visitó estas regiones en 1803, y por consiguiente á esta época se refieren sus descripciones.

plo de una abra que se ha formado en la direccion y con la inclinacion de las capas de la roca.[1] Hácia el S. E., desde la quebrada de la Sirena ó desde las minas flojamente beneficiadas de Belgrado y de San Bruno, hasta más allá de las minas de Marisánchez, pasa por montañas porfiríticas; al N.E., partiendo desde el tiro de Guanajuato hasta el cerro de Buenavista y la Cañada de la Vírgen, atraviesa el thonschiefer ó pizarra arcillosa: su ancho varia como el de todas las vetas de Europa. Cuando no es ramosa, no tiene, por lo comun, sino de 12 á 15 metros de ancho; algunas veces se estrecha aún hasta medio metro; y muy frecuentemente se la halla dividida en tres cuerpos que están separados entre sí ó por *caballos* ó sean bancos de roca, ó por algunas partes de la matriz que carecen casi totalmente de metal. En la mina de la Valenciana; la veta madre se encuentra sin ramificacion, y de 7 metros de ancho desde la superficie del terreno hasta 170 metros de profundidad. En este punto se divide en tres cuerpos, y su ancho, contanto desde el respaldo bajo al alto de toda la masa, es de 50 y á veces de 60 metros. De estos tres cuerpos de la veta sólo uno de ellos suele ser rico en metales, pero algunas veces, cuando los tres cuerpos se juntan, y continúan unidos, como en la Valenciana, cerca del tiro de San Antonio, á 300 metros de profundidad, ofrece la veta inmensas riquezas y su ancho es de 25 metros. En la *pertenencia de Santa Leocadia* se notan cuatro cuerpos. Un hilo [*trum*], cuya inclinacion es de 65 grados, se separa del cuerpo bajo, y corta las hojuelas de la roca del respaldo bajo. Este fenómeno y el gran número de huecos [*drusas*] guarnecidas de cristales de amatista que se hallan en las minas de Rayas, y que se presentan en las direcciones más diversas, bastarian para probar que

1. He manifestado ya que en la region más célebre de esta gran veta, la comisura sigue la superficie de contacto ó de sobreposicion, del conglomerado rojo á la arcillo-esquista; pero no he encontrado conformidad general en la region entre la direccion de la veta con la foliacion de la esquista, ó con los estratos del conglomerado; estratos que se inclinan al rumbo opuesto que la veta, si bien puede existir la coincidencia de rumbo y de echado de ella en algunos sitios con la foliacion de la esquista, segun lo expresa el Sr. Humboldt.

la veta madre es una veta y no un manto. Aún podrian deducirse otras pruebas no ménos convincentes de la existencia de la *veta del caliche* beneficiada en la piedra caliza compacta de Ánimas, y que siendo paralela á la Veta Madre de Guanajuato ha presentado los mismos minerales de plata. Jamás se encuentra esta identidad de formacion entre dos mantos metalíferos que pertenecen á rocas de antigüedad muy diferente.

"Las pequeñas quebradas en que se divide el valle de Marfil tienen, al parecer, una particular influencia en la riqueza de la Veta Madre de Guanajuato. Esta ha dado más metales en los parajes en que la direccion de las quebradas [*las de Acabuco, Rayas y Sechó*] y la *flaqueza del cerro* han sido paralelas á la direccion é inclinacion de la veta. Cuando uno se coloca en la altura de Mellado cerca del tiro abierto en 1558, se observa que en general la Veta Madre es más abundante en minerales hácia el N.O., hácia las minas de Cata y de Valenciana; y que al S.E., hácia Rayas y Santa Anita, los productos han sido á un mismo tiempo más ricos, más escasos y más inconstantes. Existe, además, en esta célebre veta, una especie de región media que se puede mirar como un depósito de grandes riquezas, porque más arriba y más abajo de esta region el contenido de los minerales ha sido de corta monta. En la Valenciana los minerales ricos más abundantes han sido los situados entre 100 y 340 metros de profundidad bajo la boca del cañon. En Rayas se ha manifestado esta mayor abundancia desde la superficie del terreno; pero en cambio el cañon de Valenciana, segun mis medidas, está abierto en un plano 156 metros más alto que la boca del cañon de desagüe de Rayas; lo cual podria hacer creer que el depósito de las mayores riquezas de Guanajuato está, en esta parte de la veta, entre 2,130 y 1,890 metros de altura absoluta sobre el nivel del Océano. Los planes más profundos del laborío de la mina de Rayas, no han llegado aún al límite inferior de esta region media; al paso que el plan [*das tiefste*] de la mina de Valenciana, esto es, el cañon de San Bernardo, ha pasado ya por desgracia más de 70 metros más allá de este límite: y así sucede que la mina de Rayas continúa dando minerales sumamente ricos, al paso que en Valenciana hace algunos años que hay que suplir con la extraccion de mayor cantidad de minerales la falta de su valor intrínseco.

"Las sustancias minerales que constituyen la masa de la veta de Guanajuato son de cuarzo común, de amatista, carbonato de cal, espato perla, diabasa escamosa, plata sulfúrea, plata nativa ramosa, plata agria prismática, rosicler subido, oro nativo, galena platosa, blenda parda, hierro espático y piritas de cobre y de hierro. Se observa además, aunque muchas ménos veces, feldespato cristalizado [el cuarzo romboidal de los mineralogistas mexicanos], calcedonia, masitas de espato fluor, cuarzo fibroso [*haarformiger quartz*], cobre gris [*fahlerz*] y plomo blanco en barras. La formacion de la veta de Guanajuato se distingue de las de Sombrerete, Catorce, Fresnillo y Zacatecas en la ausencia del sulfato de barita y de la plata córnea. Los mineralogistas que hacen estudio de las formas regulares, hallan en las minas de Guanajuato una gran variedad de cristales, especialmente entre las minas de plata sulfúrea sea rosicler ó agria, entre los espatos calizos y el *brunoespato* [carbonato de cal y de manganeso]."

Sobre una de las aserciones trascritas en estos renglones, el Sr. Tilmann se expresa de la manera siguiente:[1] "Humboldt dice: "Las pequeñas quebradas en que se divide el valle de Marfil tie-"nen al parecer una particular influencia en la riqueza de la Veta "Madre de Guanajuato. Esta ha dado más metales en los parajes "en que la direccion de las quebradas [las del Acabuco, Rayas y "Sechó] y la *flaqueza del cerro* han sido paralelas á la direccion é "inclinacion de la veta." Semejante influencia de esos valles de erosion es del todo inexplicable, además de que las cañadas de Rayas y Sechó cruzan en ángulo recto el rumbo de la veta, y únicamente la del Acabuco tiene en tramos rumbo igual, supuesto que corta á dicha veta en ángulo muy agudo, y en este tramo ha disminuido la riqueza del criadero, porque la parte metalífera se ha retirado hácia los cuerpos del bajo de la Veta Madre. En el lado Sur de la cañada de Jolula; cañada que simplemente cruza la veta, se encuentra una serie de cuerpos al bajo sin explorar que no fueron arrastrados por las erosiones, y ellos más al Oeste han producido riqueza á la mina de Mellado hasta el exterior. El cuerpo que crestonea en el costado Oeste de la cañada del Acabuco, es muy pobre y se consideró por mucho tiempo como enteramente

1 Opúsculo citado, página 16.

indigno de explotarse. En el año de 1760, sin embargo, comenzó el español Obregon á trabajar en estos sitios, abriendo la afamada mina de la Valenciana."

Burkart se expresa de la manera siguiente respecto de este criadero que visitó en 1828:[1] "La Veta Madre de Guanajuato tiene su rumbo principal en horas $8\frac{4}{8}$ [ó sea $52\frac{1}{2}°$ Noroeste] é inclinación al Suroeste de 45 á 50 grados. Está dividida en tres ramales que se conocen subterráneamente bajo los nombres de *cuerpo del alto*, *cuerpo de enmedio* y *cuerpo del bajo:* á veces la veta se divide en un número mayor de cuerpos, ó bien se reune en uno solo, con un espesor general en el primer caso, comprendiendo los caballos ó intermedios estériles, cuando no son muy gruesos, de 50 á 60 varas [de 42 á 50 metros]. En Sirena, la mina más al Sureste que he visitado sobre la Veta Madre, los ramales están mucho más aproximados, y hácia el Noroeste muchas veces aparecen reunidos en un solo cuerpo. En un crucero en esa mina á poca profundidad, ví en el alto un cuerpo de 4 varas [$3\frac{1}{3}$ metros] de espesor con frutos: á éste siguió un tramo de $3\frac{1}{2}$ varas [3 metros], despues el cuerpo de enmedio en frutos con 2 varas [$1\frac{2}{3}$ metros], y en fin, el crucero no tocó el bajo de la veta. En otros sitios en donde no se encuentra más de un solo cuerpo, su espesor total llega á ser de 7 ú 8 varas [6 ó $6\frac{3}{4}$ metros], y en donde está dividido en tres cuerpos, se dice que el del alto es el más rico. Este en Valenciana muchas veces tiene un espesor de 9 á 10 varas [de $7\frac{1}{2}$ á $8\frac{1}{3}$ metros], pero lo regular es de 5 á 6 varas [de 4 á 5 metros] y los otros dos cuerpos de 4 á 5 varas [de $3\frac{1}{3}$ á 4 metros]. En la mina de Cata la veta tiene una anchura muy considerable; pero en las regiones metalíferas aisladas es de 9 á 10 varas [$7\frac{1}{2}$ á $8\frac{1}{3}$ metros], miéntras que los caballos tienen el mismo ó mayor espesor.

"Las matrices de la Veta Madre consisten sobre todo en cuarzo, piedra córnea [*hornstein*], espato calizo, con una gran cantidad de fragmentos bastante agudos de los respaldos, arcilo-esquista, clorito-esquista, etc. Frecuentemente estos fragmentos se encuentran tan agrupados y adheridos, y por sus dimensiones colocados paralelamente al reliz de la veta, que se pueden tomar estas ma-

1 *Aufenthalt un Reisen in Mexico in den Jahren* 1825 *bis* 1834. *Stuttgart*, 1836. *Erster Band*, 353.

trices como respaldos, por aparecer del todo estériles. En estas matrices, sobre todo en el cuarzo, surge el metal en hilos, en ojos ó impregnaciones. Consisten éstos en oro y plata nativos, plata agria [*sprödglaserz*] y sulfúrea [*glaserz*], rosicler oscuro [*rothgültigerz*], pirita de hierro y pirita de cobre. Surgen tambien en esta veta particularmente, hermosas cristalizaciones de espato calizo y de amatista de bellos colores, cristal de roca con burbujas móviles y brechas formadas de estas matrices.

"La veta en el alto generalmente está provista de un reliz plano definido que en algunas partes no le falta en el bajo. En donde el reliz ó respaldo tiene guardas, estas se suponen ricas: guardas que son de arcilla con 4 ó 5 pulgadas [10 á 12 centímetros] de espesor, más escasas en los cuerpos del bajo que en el del alto. En cuanto al reliz del bajo, es ménos claro, y se pierde en ramaleos hácia esa region. Tambien se dice que el cuerpo del bajo es ménos rico en metales que los dos superiores, de los cuales el de enmedio suele ser el más rico; pero esta observacion debe tener muchas excepciones.

"Distínguese el cuerpo de enmedio generalmente en donde se le conoce, por la presencia de un cuarzo poroso [*chachamole*], y el cuerpo del alto por la amatista que acompaña los frutos. En la mina de Rayas tiene el cuerpo del alto mucha mayor abundancia de fragmentos de los respaldos que los demas; preponderando entre ellos la clorito-esquista con pirita de hierro diseminada."

Saint Clair Duport que visitó estas minas despues que el Sr. Burkart, se expresa de la manera siguiente:[1] "La matriz de la Veta Madre es un cuarzo muy blanco, conteniendo muchas geodas cuyo contorno está formado de amatista. El mineral contiene plata nativa, sulfúrea, antimonio-sulfúrea negra, rara vez roja; está mezclado de pirita de hierro, de galena y de una cantidad bastante mínima de blenda parda y de mispickel. El oro se encuentra rara vez visible; sin embargo, el cuarzo que encierra algunas veces granos bastante gruesos, se le designa con el nombre de *guija de oro.*

"El mineral de Guanajuato contiene apénas el tres por ciento

1 *De la Produccion de Métaux Précieux au Mexique.* Paris, 1843; p. 211.

de su peso de materias metálicas diseminadas en el cuarzo puro ó mezclado de esteatita.

"Los cristales de plata nativa son muy raros; los de plata sulfúrea en cubos lo son ménos. Lo que distingue sobre todo la Veta Madre de las vetas de Zacatecas, es la ausencia completa del cloruro y bromuro de plata [*plata ceniza* y *verde*]."

Segun las observaciones posteriores de Tilmann[1] las matrices de la Veta Madre son: "el cuarzo comun, la amatista, espato calizo, bruno-espato, talco, rara vez yeso, hierro espático, espato fluor, apofilita [en cristales magníficos], asbesto y cuero de montaña [*Bergleder*].

"Los compuestos metálicos son: 1°, el oro nativo finamente diseminado y rara vez visible á la simple vista. 2°, la plata nativa gruesa incrustada ó finamente diseminada, ó bien en alambres, capilar, en arborizaciones, y aun en octaedros, segun Sonneschmidt. 3°, la plata sulfúrea ó argentita en masas, cristalizada y capiliforme. 4°, rara vez y casi únicamente en impregnaciones aparece la plata agria [*Sprödglaserz*], el rosicler oscuro [*Rothgültigerze*], cobre gris [*Kupferfahlerz*], galena y blenda.

"Muy común es el cobre amarillo, *bronce malo*, y la pirita cúbica, *bronce bueno*. Esta última casi siempre contiene plata. Poseo un ejemplar de pirita en masa de color algo claro, que contiene el 24.56 por ciento de plata. Me parece que éstas piritas están formadas por una asociacion de sulfuro de hierro y de plata en proporciones muy diversas.

"Difiere la Veta Madre de las de Sombrerete, Fresnillo, Catorce y Zacatecas, por la ausencia completa del espato pesado [*Schwerspath*], y de la plata cornea [*Hornsilber*].

"Todas las especies minerales de la Veta Madre, se encuentran perfectamente desarrolladas en variadas drusas, provistas de magníficos cristales de casi todas las formas del cuarzo, amatista, espato calizo y bruno-espato.

"Los agrupamientos cristalinos de la Veta Madre presentan un material muy rico para el estudio de los cristales, de su desarrollo, de sus sobreposiciones y de sus asociaciones para la morfología."

1 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahren in dem Bergwerks.—Distrikte von Guanajuato in Mexico.*—Münster, 1866; p. 17.

Más adelante agrega: "Los compuestos argentíferos rara vez se definen en masas, y en la generalidad se encuentran finamente impregnados, de tal manera que únicamente un ojo experimentado puede distinguirlos entre las matrices. Los javones ya descritos [esteatitas argentíferas] suelen presentarse tambien en la Veta Madre más cargados de carbonato de cal y con un color blanco.

"Existe una opinion tan errónea como general de que la riqueza de la Veta Madre consiste en la abundancia de frutos de alta ley. En un criadero tan poderoso y desarrollado se encuentran en efecto, relativamente, grandes cantidades de frutos ricos, y algunos trozos de una ley fabulosa; sin embargo, en lo general, ni siquiera alcanzan á la ley de 16 marcos por monton de 32 quintales indicada por el Sr. Humboldt."

He querido trascribir las notas de diferentes épocas de estos diversos observadores sobre la Veta Madre, á fin de consignar sus tanteos y apreciaciones sobre un criadero tan importante. Conviene del momento rectificar una especie que afirmó el Sr. Humboldt, al decir: "La formacion de la Veta de Guanajuato se distingue de las de Sombrerete, Catorce, Fresnillo y Zacatecas, en la ausencia del sulfato de barita y de la plata córnea." Tilmann repitió esto mismo, y Saint Clair Duport se limitó á decir: "Lo que distingue sobre todo la Veta Madre de las vetas de Zacatecas, es la ausencia completa del cloruro y del bromuro de plata." Las observaciones posteriores han venido á demostrar la existencia de estos compuestos en la Veta Madre.

En efecto, el Sr. Arenas en sus notas que he venido citando, dice lo siguiente: "En la mina de Cata se trabajan los tres cuerpos de la Veta Madre, observándose que el medio y el bajo están muy unidos y ramaleados. La composicion de algunos *ojos* de la veta en este tramo es mas variada que la que se observa en Rayas y Mellado, y abunda más la blenda [*esmeril*] y la galena que en las otras minas. Las combinaciones que observamos fueron:

"*Argentíferas.* Plata blanca [plata nativa] en pequeñas hojillas, muy escasas. Plata sulfúrea en cristales y chapas [*mogrollo*] dorada y poco abundante en esta forma, pero constituyendo la parte más rica muy diseminada en las matrices. Pirita de hierro argentífera [*bronce*], mate, en masas y venas muy difíciles de distinguir de la pobre.

"*Acompañantes: Pirita de cobre* [*bronce chino*] muy abundante en cristales, granos y diseminada. Es un poco argentífera. *Piritas de hierro* [*bronce*] en cristales sueltos, en masas, venas y diseminada. Como expresamos ántes, la hay rica y enteramente estéril: *Blenda* [*esmeril*] de colores negro y pardo, en masas y diseminada. Está formada en ojos y es muy pobre. *Galena* de grano fino, diseminada; no es muy abundante y es pobre.

Las matrices son: *El cuarzo* cristalizado ó en masas y sus variedades de amatista fina y ordinaria, guijarro, piedra córnea, etc. Abunda mucho y forma la parte más importante de las matrices. *La esteatita* de color blanco, gris amarillento y verdoso de varios tintes. Es abundante en los frutos de la *blandura* del alto, y á veces un buen indicio de los minerales auríferos [*frutos oreros*]. *Espato calizo* cristalizado y amorfo, que es muy escaso en la mina de Cata. *Oxidos de hierro* se encuentran en algunos minerales provenidos de la descomposicion de las piritas. Tambien se encuentra el *espato pesado ó sulfato de barita*, y es de mal signo para preludiar la riqueza de los minerales."

Además de esta observacion del Sr. Arenas, me ha parecido reconocer la presencia de la matriz barítica en algunos ejemplares de la mina de la Providencia de la Cebada.

En cuanto á la plata córnea ó cloruro de plata [*plata ceniza*], y á la plata verde abundante en bromuro de plata, me limitaré á citar como criadero hoy muy conocido en la Veta Madre, el creston en las inmediaciones de la mina de Fraustros. Yo mismo me he persuadido de la presencia de estas especies mineralógicas por el exámen de los ejemplares recogidos en esa localidad.

De paso presentaré una observacion que he venido confirmando en diversos distritos mineros de las regiones centrales de la República, y es que cuando las vetas argentíferas crestonçan entre las rocas netamente calizas, ó simplemente calcáreas, los colorados toman desarrollo, y la plata ceniza y verde aparece entre ellos. Puedo citar como ejemplos los distritos de Zacatecas, Fresnillo, Sombrerete, Angeles, Charcas, Catorce, Cerro de San Pedro, Pinos y Mazapil. La plata verde oscura es la que me he encontrado dominante, ó sea el bromuro, acompañada de la clara que es el yoduro, y segun me ha parecido la presencia del cloruro revela cierta abundancia en el rendimiento de los colorados; lo que

equivale á decir que la plata córnea rara vez se presenta aislada, sino enmedio del cortejo que le forman el bromuro y el yoduro de plata.

En Catorce, en donde la formacion caliza superficial es la dominante, y es además de un espesor fuerte, los colorados abundan en las vetas, particularmente en las encerradas por la caliza, en razon de estar constituido el alto y el bajo por esa roca. Puede decirse que miéntras la caliza no deja definitivamente de formar uno de los respaldos, hay pocas probabilidades de que los colorados, esos frutos de tan económico y sencillo beneficio, concluyan. Existen minas por consiguiente allá como la de Purísima y la de Santa Ana, que apénas si á los 400 metros de profundidad se inicia la zona de transicion de los colorados á los negros, ó sea de los minerales enteramente oxidados á la de los sulfuros. Por el contrario, algunas vetas de poca importancia que crestonean entre la esquista, comienzan en negros desde casi la superficie del terreno.

En Guanajuato mi observacion tuvo motivo de ser aplicada al reconocer que los colorados del creston de Fraustros, en las regiones del bajo de la Veta Madre, se encuentran inmediatos á las lajas de caliza de la formacion esquisto-diorítica, lajas que localmente constituyen allí el respaldo bajo de dicho creston. Entre los ramaleos del bajo, aparece la veta de Jolula en contacto con la caliza; veta que tambien produce plata verde y plata córnea cerca de la superficie.

Partiendo del creston de Fraustros, á poca profundidad, comienza la zona de transicion de los colorados á los negros, caracterizada por la presencia de la argentita ó plata sulfúrea, en parte descompuesta, acompañada de carbonato de plomo, y de los hidrocarbonatos de cobre verde y azul, y del hidróxido de hierro, enmedio de una matriz generalmente cuarzosa. En los colorados del creston, el oro nativo suele definirse en granos entre las cavidades abundantes en ocres de hierro, y esto deja conocer la razon de por qué la ley en oro suele subir en los frutos de cerca de la superficie.

En general la zona de los colorados en todas las vetas de Guanajuato avanza poco en profundidad, y esto en mi concepto indica que las comisuras, hoy vetas concrecionadas, estuvieron, du-

rante el período de formacion, constantemente llenas de líquidos y de vapores que impidieron que penetrara á su interior, por una parte el aire atmosférico, y por otra las infiltraciones á través de las paredes de las comisuras de las aguas superficiales, que llevan siempre en disolucion, además de pequeñas cantidades de sales, los gases componentes del aire.

Por contraposicion á las vetas guanajuatenses, en las de Catorce los colorados avanzan hasta una profundidad notable en las vetas argentíferas más explotadas, desde 150 metros verticales en la angosta veta de San Agustin hasta más de 400 en la robusta Veta Madre, en las pertenencias de las minas de la Prisca, Valenciana y Purísima. Estando esta region de los colorados caracterizada por la presencia de compuestos enteramente oxidados é insolubles en el agua, aun á la ebullicion, á la presion ordinaria, no me he podido explicar la ausencia completa allí de los sulfuros metálicos que más abajo son los únicos que aparecen en la masa de las vetas, sino por el flujo y reflujo de los líquidos en el interior de las comisuras, en términos de dar acceso fácil al aire atmosférico. El exceso de humedad, la elevacion de la temperatura [por lo ménos de 40 á 50 grados centígrados] y la abundancia del aire, son motivos suficientes para hacer entrar en oxidacion todos los sulfuros de los metales oxidables.

En prueba de que las cosas han pasado de este modo, se pudiera citar la manera de presentarse la zona de la transicion de los colorados á los negros en estas vetas. Aparecen allí los sulfuros desagregados, en parte descompuestos y en parte oxidados, y encuéntrase la plata en gran parte en estado nativo, y el resto en el de sulfuro más ó ménos descompuesto. Descendiendo de esa zona, los sulfuros continúan sin interrupcion hasta las mayores profundidades conocidas, y ascendiendo, la region de los óxidos y oxisales continúa invariablemente hasta la superficie, con excepcion de la plata, que encontrándose á la profundidad bajo la forma de sulfo-antimoniuro [rosicler oscuro, plata agria, miargirita y polybasita], en la transicion aparece la plata nativa con algun sulfuro de plata adherido; sulfuro que suele aparecer en pequeñas partículas mezcladas con los colorados, como producto intermedio entre la mineralizacion sulfo-antimonífera y la reduccion completa á plata metálica. Este sulfuro de plata, que jamas me lo he en-

contrado en las vetas de Catorce sino como producto de descomposicion, es al que llaman los mineros de la localidad *plata azul*, distinguida por ellos en razon de su maleabilidad característica.

Cuando los frutos catorceños de plata azul se presentan ricos, á la vez son muy inconstantes; pero si abundan sobre las vetas es porque su ley es baja. La constancia de la plata en los colorados figura allí principalmente bajo la forma de bromuro, yoduro y cloruro, que aparecen en gruesas diseminaciones en los tramos más ricos de las vetas. La presencia de estas combinaciones argentíferas más ó ménos mezcladas entre sí en las cercanías de las rocas calcáreas, es una cuestion que no he podido resolver satisfactoriamente, y me he limitado á sospechar que los mismos líquidos que ascendian y descendian en el interior de las comisuras, en virtud de las acciones de detalle del interior del globo, establecieron una especie de lixiviacion sobre las paredes de las grietas mismas, y existiendo probablemente en las calizas de sedimentacion marina el cloro, el bromo y el yodo, sea bajo la forma simple de combinaciones minerales, ó bien procedente de los restos de plantas y animales marinos, los líquidos ácidos circulantes promovieron reacciones químicas atrayendo á las comisuras esos elementos electro-negativos, que concluyeron por mineralizar la plata, que se encontraba bien sea en el estado nativo ó en el de combinaciones más ó ménos descompuestas.

En cuanto á las especies mineralógicas relativas á la plata, encontradas en Guanajuato, citadas anteriormente, agregaré una que el inteligente Ingeniero D. Ponciano Aguilar ha clasificado como *plata gris* ó *freislebenita*, procedente de la Veta Madre. Además, por comunicacion del ameritado é inteligente Ingeniero D. Francisco Glennie, supe la presencia de la naumannita ó seleniuro de plata en las regiones del alto de la misma veta, sobre todo en la mina de San Lorenzo, en la cual se encuentra tambien la polybasita en láminas exágonas y la miargyrita ó rosicler semiprismático.

El sabio profesor de Mineralogía del Colegio del Estado de Guanajuato, D. Severo Navía, señala la presencia de la argentita selenífera en la misma mina.[1] Conviene advertir que el selenio se

1 *Reacciones del selenio, del teluro y del molibdeno* en el *Boletin de la Sociedad guanajuatense de ingenieros.* Guanajuato, 1888; p. 57.

encuentra en algunos otros de nuestros criaderos argentíferos. El sabio químico é Ingeniero D. Miguel Velázquez de Leon me señaló hace largos años la presencia de la *Clausthalita* ó seleniuro de plomo en las minas del pequeño distrito mineral de San Nicolás de los Angeles, en el Estado de Zacatecas, perteneciente al Partido de Pinos; y de mi parte he podido persuadirme de la abundancia relativa de la naumannita en los productos auro-argentíferos de la mina de la Candelaria en el distrito de Pinos.

En las demas vetas guanajuatenses aparece tambien la naumannita más ó ménos mezclada con la argentita, señalada en la mina de Flor de María por el profesor Navía.[1]

El inteligente profesor guanajuatense D. Vicente Fernández, ha mostrado con datos precisos la presencia del seleniuro de plata y oro en la mina del Santo Niño en el Nayal,[2] y el mismo profesor descubrió y analizó la *Guanajuatita*,[3] que es un seleniuro de bismuto procedente de la mina de Santa Catarina, en la Sierra de Santa Rosa. El selenio aparece, pues, como un elemento mineralizador de las vetas guanajuatenses ménos escaso que en Europa.

El seleniuro de plata se incorpora tan finamente en las matrices cuarzosas, que puede presumirse su fácil solubilidad ó al ménos suspension en el líquido conteniendo la sílice en disolucion, en términos de depositarla bajo la forma calcedoniosa. Este cuarzo embebido de naumannita tiene un color negro azulado especial, con lustre resinoso.

Reasumiendo pues, lo relativo á la composicion de la Veta Madre, se puede decir que hasta ahora, segun las noticias que he adquirido, las especies mineralógicas encontradas en ella son las siguientes:

*Oro nativo* finamente diseminado y pocas veces visible á la simple vista.

*Plata nativa* en hojillas, en chapas ó finamente diseminada, ó bien en alambres, capilar, en arborizaciones y aun cristalizada en octaedros.

*Argentita ó plata sulfúrea* en masas, en chapas, en hojillas, en

1 Memoria citada; página 57.
2 *El Minero Mexicano*, tom. 2º, México, 1875, p. 346.
3 *El Minero Mexicano*, tom. 1º, México, 1873, núm. 16, p. 2.

cristales y capiliforme, con su color natural ó tomada de amarillo metálico.

*Estefanita*, *Psaturose ó plata agria* finamente deseminada, ó en impregnaciones.

*Polybasita* cristalizada, en masas ó finamente diseminada, hácia las regiones del alto de la Veta, generalmente acompañada de chalcopirita.

Con ménos frecuencia:

*Rosicler oscuro ó Pyrargyrita.*
*Miargyrita ó rosicler semi-prismático.*
*Naumannita ó seleniuro de plata.*
*Freislebenita ó plata gris.*
*Rosicler claro ó Proustita, rara vez.*
*Plata verde* ó *Bromita*, y *Plata córnea* ó *cerargyrita* en hojillas ó finamente diseminada en algunas regiones superficiales.

Como acompañantes se encuentran:

Pirita de hierro, á veces rica en plata.
Pirita de cobre ó chalcopirita.
Galena de grano fino.
Blenda parda.
Panabás ó cobre gris antimonial.

En la region de los altos:

Los óxidos de hierro.
Siderós ó hierro espático.
Wad y óxidos anhidros de manganeso.
Hidro-carbonatos de cobre verde y azul.
Cerusita ó carbonato de plomo.
Crisocola ó hidro-silicato de cobre.

Las matrices son las siguientes:

Cuarzo comun y amatista en masas y á veces en cristales.

Silex córneo y calcedonia en masas esferoidales y concrecionadas.

Calcita en masas y cristalizada.

Dolomia ferrífera [bruno-espato ó perla-espato].
Adularia cristalizada [chovelia y valencianita].
Apofilita en hermosos cristales blancos ó rosados.
Estilbita en cristales.
Fluorina en cristalizaciones de bellos colores.
Asbesto.
Cuero de montaña.
Rara vez talco, yeso, brucita y baritina.

La especie argentífera dominante en la Veta Madre es la argentita ó sulfuro de plata, que aparece sobre el cuarzo como la matriz más general que se asocia á la calcita ó carbonato de cal cristalizado. La argentita en masas toma una figura ramosa, alargada, con fibras bien perceptibles, y de aquí pasa á la plata nativa en filamentos gruesos y finos, entrelazados caprichosamente ó torcidos en el sentido de las fibras con tendencia á espiral, como si una fuerza mecánica los hubiera obligado á tomar estas formas, ejerciendo su accion aun sobre los cristales de argentita, que aparecen abiertos en los sitios en donde están unidos con los alambres de plata nativa. La bonanza de la mina de Valenciana alcanzada por el primer Conde, se hizo notable por la abundancia de la argentita asociada á la plata nativa.

De la veta de los Bronces, en la mina de San Lorenzo, he visto bellos ejemplares de argentita en octaedros, cubos y cubo-octaedros.

Ha llamado mi atencion la tendencia que les he observado á los sulfo-antimoniuros de plata, y señaladamente al rosicler oscuro ó pyrargyrita, en las regiones de transicion de los negros á los colorados, en algunos de nuestros distritos de minas más importantes, de trasformarse en sulfuro simple, siendo este cambio un estado transitorio para pasar á plata metálica nativa, y de aquí á bromuro, yoduro ó cloruro de plata, si la region de los colorados se propaga desde la superficie hasta mucha profundidad.

El profesor Navía[1] ha señalado en ejemplares de la mina de Sirena la trasformacion de los cristales bien definidos de rosicler oscuro en una verdadera argentita, y el que haya examinado atentamente los ejemplares antiguos de plata nativa de Valencia-

1 La Naturaleza, *periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, tomo III, México, 1876; pág. 154.

na, no podrá dudar que este metal procede de la descomposicion del sulfuro. Se deduce de esto, que en las regiones superiores de las vetas se han ejercido acciones reductrices, ó pudiera decirse desmineralizadoras.

En la Veta Grande de Zacatecas se presentan estas trasformaciones de igual modo; pero la accion reductriz aparece más limitada, supuesto que la plata nativa, aunque visible con frecuencia como en casi todas las vetas zacatecanas, se manifiesta en lo general simplemente en hojillas ó en alambres finos relacionados con el sulfuro de plata.

En Catorce la region en la que aparece la plata en estado metálico es muy marcada, y reducida á una zona que es exactamente la de la transicion de los colorados á los negros. Abajo de ella, los sulfo-antimoniuros de plata con el séquito de sulfuros metálicos que la acompañan en fuerte proporcion [pirita, galena, blenda, estibina, azufre, etc.], continúan sin más variaciones á la profundidad, que el aumento relativo de los sulfuros de los metales comunes. De la zona de la transicion hácia arriba, desaparece tambien la *plata blanca* y su compañera la *plata azul* ó sea sulfuro de plata, y comienza la region de la *plata verde* ó sean el bromuro y el yoduro asociados, y en los tramos ricos se une á éstos el cloruro; todos ellos acompañados del hierro en estado de óxido y de carbonato; del plomo bajo la forma de oxisales, y el zinc y el antimonio parecen haber desaparecido. De aquí pudiera deducirse, que si hay una region en que la plata se encuentra en estado metálico desmineralizada por las acciones reductrices, salvando esta region hácia arriba, vuelve la plata á encontrarse mineralizada por el bromo, yodo y cloro, como elementos electro-negativos de la zona de los óxidos, ó sea de la zona en la cual el aire, las aguas pluviales y las aguas de infiltracion á través de las rocas de los respaldos, han podido ejercer su accion durante el flujo y reflujo de los líquidos incrustadores cargados de las disoluciones metálicas.

La pirita rica de la Veta Madre tiene un color más claro que la cúbica; sus cruceros peculiares aparecen perturbados [tal y como acontece con la galena de Zacatecas cargada de argentita], presentando una textura concoidea, imperfecta y pequeña, con lustre metálico inclinándose al de cera.

Suele contener diez marcos de plata por quintal, ó sea el 5 por ciento de su peso, y no se le encuentra en cristales determinados sino en masas ó vetillas con argentita, galena, pirita cúbica, chalco-pirita y cuarzo.

La pirita cúbica de color semejante á la descrita, de lustre vivo, en cristales definidos, aunque contiene plata, únicamente es en la proporcion de un tercio de marco por quintal.

En algunos sitios en que el cuerpo del alto de esta gran veta ha sido productivo, la roca que forma el respaldo alto ha venido á quedar penetrada de cierta ley de plata por una verdadera imbibicion. Es curioso observar en los patios de pepena de las minas de Mellado y Rayas, algunas partidas de mineral con todo el aspecto del conglomerado rojo más ó ménos modificado, que forma el alto del criadero, partidas en las que un ojo extraño no reconocería más de montones de roca estéril, por lo oculta que se encuentra la pinta de la plata en esa masa. Este hecho ministra una prueba clara del orígen hidrotermal de tan célebre criadero; orígen por otra parte demostrado por las bandas de incrustacion que constituyen una estructura simétrica en las vetillas ó ramaleos desprendidos de los grandes cuerpos de la veta; bandas que aun suelen encontrarse entre los mismos cuerpos pero sin la respectiva simetría, como acontece en las vetas ensanchadas.

Es difícil hoy dudar de que casi todas las vetas, entre las cuales coloco á las de Guanajuato, han sido engendradas por procedimientos hidro-termo-minerales. El desarrollo de esta tésis exigiria una amplitud de la cual no puedo disponer en este escrito, y únicamente me limitaré á citar el hecho de que las fuentes termales extinguidas de Aguasbuenas, al Oriente de aquellas en las que aún brota el agua actualmente, han formado depósitos alineados semejantes en su forma y en su aspecto á los crestones de las vetas. La materia de estos depósitos, molida y concentrada cuidadosamente, muestra indicios claros de plata.[1]

1 Véase sobre este interesante asunto las observaciones de Mr. Laur [*Annales de Mines*, sixième série, p. 241], y las del Dr. Oxland relativas á la Alta California en la obra *The Mining and Metallurgy of Gold and Silver by J. Arthur Phillips Mining Engineer*. London, 1867; p. 10, en nota. Sobre los metales en la formacion de las vetas veanse las experiencias de Mr. Meunier: *Compte-Rendu* LXXXIV p. 638. Mr. Watts en la clásica obra titulada *A Dictionary of Chemistry and the Allied Branches of other Sciences*. Third sup-

El profesor Von Cotta de la Escuela de Minas de Freirberg se expresa sobre el interesante asunto del orígen de las vetas, de la manera siguiente:[1] "Volvamos ahora al problema mucho más difícil de la formacion de las vetas. Las comisuras son sin duda alguna la consecuencia de causas mecánicas, y ellas tal vez han sido ensanchadas por la fuerza de cristalizacion de las sustancias minerales que las han llenado.

"Estas sustancias generalmente han penetrado dentro de las fisuras, bien sea por abajo ó bien procediendo de la roca comarcana, por intermedio de disoluciones que fluyeron de los respaldos ó bien de grandes profundidades. En la mayor parte de las vetas no han penetrado todas las disoluciones al mismo tiempo, y ciertamente tampoco se han insinuado bajo la forma de fluido ígneo, sino bajo la de disolucion acuosa ó gaseosa. Quizá en combinacion con numerosos gases, el agua principalmente fué el vehículo que disolvió y recogió las diseminadas partículas de metales y de otras sustancias, y de nuevo las depositó en las comisuras bajo una forma mucho más concentrada, por un continuo y largo procedimiento de precipitacion. Esto es lo que puede decirse de una manera general como una explicacion relativa á las vetas: en detalle hay mucho en verdad que aún es dudoso. La desigual distribucion en las comisuras, la estructura bandeada á veces simétrica, y la composicion de las vetas variando en gran manera de la comun de las rocas, tienden en altísimo grado á mostrar la exactitud de la explicacion asentada. La particularidad notable y distintiva, al compararlas con las rocas ígneas, consiste especialmente en la rara presencia de los álcalis, ó bien en la pequeña cantidad de ellos en la gran mayoría de las vetas; miéntras que los álcalis que entraban en la composicion de los respaldos, frecuentemente han desaparecido casi siempre en las inmediaciones de las vetas

plement, part II, London, 1881; p. 1,329, concluye una nota con lo siguiente: "Todos estos experimentos conducen á la conclusion de que las especies que acompañan á los minerales metálicos, y por tanto tambien á los frutos extraidos de las vetas, se han formado por la vía húmeda, y algunas veces bajo alta presion y elevadas temperaturas."

1 *A Treatise on Ore Deposits, by Bernhard von Cotta, Professor of Geology in the Royal School of Mines.* Freiberg, Saxony. Translated from the second german edition by Frederick Prime, Jr., Mining Engineer, Revised by the Author, New York, 1870, p. 548.

por disolucion, y simultáneamente otras sustancias se han precipitado de esos líquidos para ocupar el sitio de aquellos. La disolucion de los álcalis puede frecuentemente, reobrando, haber ayudado á la precipitacion de los materiales filonianos, y por tanto no hay que admirarse de encontrar las vetas particularmente ricas entre estas rocas descompuestas. La descomposicion ocasionada por la disolucion de los álcalis durante el depósito de los materiales componentes de las vetas, ejerció una influencia favorable sobre la precipitacion. Si al contrario, la descomposicion tuvo lugar ántes de la formacion de la veta, semejante roca descompuesta precisamente será una circunstancia desfavorable para la formacion de aquella, en parte por causas mecánicas y en parte por la falta de reacciones. Obsérvase en esto el modo de obrar contrario de un mismo accidente en los respaldos.

"Qué clase de disoluciones fueron aquellas de las que por precipitacion se produjeron los varios compuestos explotables y los minerales, y cuántas reacciones intervinieron para efectuar estas precipitaciones, cuestiones son más que geológicas de naturaleza química, aun cuando esta explicacion sea de grandísimo interes para la geología." [1]

Es muy general encontrar las rocas que constituyen los respaldos de nuestras vetas, con excepcion de la caliza, más ó ménos afectadas, y comunmente muy modificadas en los sitios productivos en los que las reacciones han sido considerables. El conglomerado rojo, la esquista y la diorita de Guanajuato, al formar el alto de las vetas, se encuentran con mucha frecuencia trasformadas en el panino llamado por los mineros blandura, y que no es otra cosa que la roca más ó ménos arcilificada, si se trata de una feldespática, ó esteatificada si se trata de una magnesiana; y esta trasformacion probablemente tiene por orígen la segregacion de los álcalis de la masa de las rocas, por medio de una verdadera lixiviacion, y en su lugar han quedado depositadas sustancias me-

1 Von Groddeck (en su interesante *Traité de Gites Métallifères par Alb. von Groddeck, Conseiller de Mines de Clausthal, traduit de l'allemand par H. Kuss, Ingenieur de Mines, Paris* 1884, *p.* 452) admite igualmente que la mineralizacion de las vetas metalíferas, debe su orígen en muchos casos á las soluciones acuosas, ó sean vetas de infiltracion de Herder; pero sin por esto aceptar esta explicacion (pág. 457) como la única aplicable á todas las vetas.

tálicas por la imbibicion de los líquidos incrustantes. De aquí proviene, pues, que con mucha frecuencia acontece que cuando estas vetas se presentan con una ley elevada, los respaldos participan en cierto espesor de un contenido de plata siempre mucho menor, y que por consiguiente su explotacion es provechosa, particularmente en las épocas de empobrecimiento de los laboríos. La *guarda*, ó sea la materia arcillosa ó magnesiana, interpuesta entre la veta cargada de metales y el respaldo del alto, suele ser tambien rica y con una notable proporcion de oro incorporado á su masa.

Por lo demas, la formacion del gran criadero guanajuatense es muy variada y difícil de apreciar, porque en las obras de investigacion y de disfrute, únicamente se puede juzgar parcialmente de la masa que se presenta á la vista en razon de su potencia; pero como las rocas de los respaldos abundan en ella, su aspecto más general es de una veta muy ramaleada. Las geodas que manifiesta, tapizadas de cristales de cuarzo, de calcita, y á veces con minerales de plata, son de un metro ó más de longitud, y su presencia es la que revela al minero la magnitud de la veta que tiene á la vista. Despues de haber examinado las geodas de la Veta Madre, con sus cristales que suelen tener hasta 20 centímetros de largo, las que presentan las vetas de Zacatecas, Catorce, etc., aparecen como unas verdaderas miniaturas.

La estructura de la Veta Madre en todas las regiones de su curso en las que ha sido reconocida, es definidamente brechiforme [*brockengestein*], en los cuerpos más desarrollados de que se compone; predominando en esta estructura los grandes fragmentos de los respaldos, más ó ménos afectados por las acciones filonianas (manifestadas por las impregnaciones cuarzosas y cristalino-calcáreas y por la diseminacion de la pirita en su masa), y atravesados en diversos sentidos por diseminaciones argentíferas. En los cuerpos que han tomado desarrollo, no es raro observar sobre los pequeños fragmentos de los respaldos ó en derredor de las geodas provistas de cristales de cuarzo y de calcita, como sirviendo de núcleos, los hilos metálicos nobles formando cubiertas, ó cascos concéntricos separados por otros de cuarzo de diversos tintes, bajo la forma llamada por los alemanes de *cucarda* [*cocardenerze*] ó de anillos [*ringerze*]. En los ramales angostos se define, como queda dicho, la estructura en bandas característica de las vetas. He visi-

tado en la mina de Valenciana, hácia las regiones del bajo, un hilo con direccion de 15° N.O. y 60° de inclinacion S.O., cuyo centro era cuarzoso cristalino, opuestas las extremidades de los cristales, y las bandas argentíferas aparecian simétricamente junto de los respaldos.

La Veta Madre, constituida por una multitud de hilos ó vetas de direccion próximamente paralela, puede referirse por lo relativo á su forma, al tipo característico de la veta de Clausthal en el Harz.[1]

De acuerdo con las observaciones del Ingeniero D. Luis G. Campa, que por algunos años estuvo al frente de los trabajos de la mina de Mellado, clasificaré trasversalmente las regiones de la Veta Madre, hasta una profundidad de 200 metros, partiendo de la roca franca de la montaña en el alto, de la manera siguiente:

1ª Region de los *jabones*, provenidos de la alteracion de la roca, en su contacto con la veta; region que produce frutos de ley muy aprovechable para la explotacion. Pudiera ésta llamarse zona de impregnacion.

2ª Region del cuarzo más ó ménos cavernoso, cariado y resquebrajado [*charrasco*], con hidróxido de hierro. Zona situada en el alto propiamente de la veta.

3ª Region abundante en cuarzo, de colores claros, en la cual el contenido de oro en la plata es mayor que en las demas regiones (de 20 á 30 milésimos). Esta zona pudiera llamarse propiamente la central de la veta.

4ª Region abundante en cuarzo más ó ménos negruzco, más cargado de sulfuros metálicos acompañantes que el de las otras regiones. Esta zona es la del bajo, limitada por la formacion esquisto-diorítica.

Cada una de estas zonas se compone de varios cuerpos de veta más ó ménos agrupados en unos sitios ó ramaleados en otros, correspondiendo en su conjunto á lo que los antiguos llamaban *cuerpo del alto*, *cuerpo de enmedio* y *cuerpo del bajo*. Entre los distintos ramales de cada region se encuentran macizos de montaña estéril llamados *caballos*.

1 *A Treatise on Ore Deposits by Bernhard von Cotta, Professor of Geology in the Royal School of Mines, Freiberg, Saxony.*—New York.—1870.—Pág. 28.

Segun se deja reconocer en el exterior del terreno, en pocos sitios la Veta Madre ha presentado frutos explotables desde la superficie. El único que bajo este aspecto me ha parecido notable, es el hermoso creston ya mencionado, que se encuentra en la antigua cuadra de Fraustros, hoy perteneciente á la Mina de Mellado, y es muy probable que esta manifestacion argentífera franca, extendiéndose hácia las minas de Mellado para el N.O., y hácia Rayas para el S.E., fué la que dió lugar á la radicacion de los primeros trabajos que se mencionan en la Veta Madre de 1550 á 1558, emprendidos, segun parece, los de Mellado por su Boca-mina antigua ó cerca de ella, y los de Rayas por la Boca-mina del Chocolate, que se asegura ser la fundadora de esta mina.

La importancia productiva de esta veta, con sus ramaleos subordinados, del alto y del bajo, se puede dar á conocer con sólo mencionar el hecho siguiente: Las minas de Mellado y Rayas, cuyos primeros tiros se comenzaron á abrir el primero el 15 y el segundo el 16 de Abril de 1558,[1] tienen unas pertenencias de figura general irregular, por las cuadras que se les han adjudicado en diversas épocas; con todo, puede estimarse que á rumbo de veta su longitud media no llega á 500 metros, y sin embargo de una explotacion continuada de más de 328 años; explotacion imposibilitada en largos períodos á la profundidad por el obstáculo insuperable de las aguas; esas minas, no obstante, siguen dando frutos aunque pobres en las regiones altas, que por tanto no pudieran darse por enteramente agotadas; pero suponiendo que así fuera, aún queda la veta por explotar á la profundidad.

De otra manera pasan las cosas en las vetas angostas: pudiera citar multitud de ejemplos de disfrutes completos realizados sobre pertenencias aun más largas á hilo de veta que las citadas, hasta profundidades análogas, en períodos cuando más de 15 á 20 años.

Se puede estimar, por tanto, que la Veta Madre, léjos de estar agotada en los trayectos en que hace largos años que se le explota con buen éxito, dista mucho de haber tocado ese límite; en consecuencia, tomando en consideracion las minas que sobre ella se trabajan y las grandes distancias en las cuales aparece intacta,

1 *Humboldt, Ensayo Político sobre Nueva España.* Segunda edicion castellana. Tom. III, pág. 37.

puede asegurarse que si la plata ha de seguir desempeñando en el mundo el papel de metal precioso, la Veta Madre garantiza su extraccion local por algunos siglos.

La distribucion de la plata en la masa de este criadero, ó sea en la del tejido de las vetas que la componen, es ménos caprichoso de lo que á primera vista parece; pero para estudiar esta distribucion se hace preciso acudir á los planos y perfiles de las explotaciones, fijando aproximadamente el curso de las regiones metalíferas.

La condicion fundamental para que el llenamiento favorable de las comisuras tuviera lugar por incrustaciones, es que los conductos de ascenso hayan quedado hábiles para la circulacion de los líquidos cargados de las materias minerales. La forma de estas mismas comisuras, en términos de acelerar ó retardar la marcha de los líquidos, no puede ser indiferente para el depósito de las incrustaciones. A estas acciones únicamente mecánicas, se deben agregar las absorbentes de ciertas rocas que se impregan de líquido incrustante, y por consiguiente de plata, por simple imbibicion, contrapuesta á la de otras rocas poco permeables, en cuyas cercanías los depósitos se presentan con ménos frecuencia. Además de estas circunstancias, hay que tomar en cuenta las acciones físicas y químicas que facilitan ó dificultan dichas incrustaciones: tal es la diminucion de presion, á favor de la cual el agua á elevada temperatura y cargada de gases carbónico y sulfohídrico, toma en disolucion la sílice, el carbonato de cal, los sulfuros metálicos, etc., así como las vibraciones generales del líquido, consiguientes á las tendencias al flujo y al reflujo por las variaciones de presion, vibraciones que suelen producir, ó por lo ménos determinar, la formacion de precipitados y aun de cristales; y así tambien como las afinidades de ciertas rocas más adecuadas para las incrustaciones metalíferas que otras. Todo este conjunto, tan difícil de apreciar en sus múltiples detalles y distinciones, y muy variable de una localidad á otra, ha hecho que la distribucion de los metales en las vetas, aun las explotadas en Europa de largos años atras, aparezca sujeta para las previsiones industriales relativas á las investigaciones futuras, á ciertas reglas hasta ahora más bien empíricas.

Por el exámen general de las explotaciones principales de la

Veta Madre, me ha parecido que las corrientes metalíferas de mayor importancia han ascendido, siguiendo casi la línea de mayor pendiente, que demarca la inclinacion de la veta; y digo casi, porque les he reconocido, como ya lo he expresado ántes, cierta desviacion en el ascenso hácia el S.E. La amplitud de las comisuras multipartitas en unos sitios y reunidas en otros formando una sola, sin un fenómeno geológico particular que encarrile los líquidos incrustantes en una direccion definida, y sin la presencia de otros obstáculos más que los exclusivamente mecánicos, engendrados por las obstrucciones, parece que debieran determinar en la generalidad de los casos, el ascenso de dichos líquidos por el camino más corto posible durante las impulsiones.

Las influencias variadas de las rocas que forman los respaldos de este gran criadero, parecen revelar, segun queda dicho, que las regiones de union entre el conglomerado rojo y la esquista son las más ricas y que, miéntras el conglomerado es el que forma únicamente el alto, las mayores riquezas parecen haberse depositado hácia el lado de esa roca, continuando más abajo en la arcilo-esquista franca, en cuya roca toma el criadero la propension de ramalearse en cuerpos, que al juntarse se presentan productivos, como lo manifiesta la historia de Valenciana.

No deja de tener interes al visitar el interior de la mina de Rayas, bajando por su antigua boca-mina, el desviarse del camino de descenso que se encuentra bien asegurado, por medio de fuertes muros de piedra sin argamasa, para conocer los vastos comidos que se van atravesando. El cuerpo de la veta, á la vista, aparece enteramente disfrutado en más de cien metros de longitud, y el enorme hueco producido se he rellenado en buena parte por escombros estériles intencionalmente allí arrojados. El alto, sin embargo, se ha hundido paulatinamente, constituyendo lo que en esa mina llaman "el Caido de Zacatecas," que es un quebrado que penetra hasta la mina inmediata de Santa Anita, en el cual hay peñascos desprendidos del alto con muchos metros de longitud. Los huecos en conjunto, originados por los disfrutes de todos los cuerpos de veta, son considerables, supuesto que grandes masas del respaldo alto, formado por el conglomerado rojo se han resquebrajado, hundido y dislocado.

Respecto de las regiones productivas de esta gran veta, se ex-

presa el Sr. Humboldt de la manera siguiente: "En Valenciana los minerales ricos más abundantes han sido los situados entre los 100 y 340 metros bajo la boca del cañon."[1] Esta zona es, pues, la correspondiente á la de los depósitos argentíferos efectuados por los líquidos incrustadores en virtud del decrecimiento de la presion.

Este hecho, que se encuentra repetido en la Veta Grande de Zacatecas, parece indicar que en las robustas vetas no es comun que la parte productiva llegue hasta la superficie, y por tanto, la zona de explotacion más activa se encuentra bajo ciertos límites de profundidad, más arriba y más abajo de los cuales el contenido de los frutos decrece visiblemente.

La Veta Madre de Catorce escapa de esta condicion por circunstancias especiales debidas á su orígen. La profundidad á la cual llegan los colorados, indica un flujo y reflujo de los líquidos incrustantes, entre las comisuras calizas francas que les han dado libre paso, desde la que es hoy superficie del terreno hasta 300 ó 400 metros de profundidad; por consiguiente los depósitos argentíferos se realizaron poco más ó ménos homogéneamente desde el exterior hasta ese límite. Los comidos incesantes desde los crestones hasta agotar los colorados, no dejan duda sobre la certeza de este singular hecho; y esto, no obstante, las ampliaciones que con frecuencia presenta la veta entre la caliza, formando lo que los mineros de Catorce llaman *salones*, y los geólogos europeos *cúmulos ó criaderos calaminares*. En estos salones desaparece las más veces el reliz del alto, si es que no tambien el del bajo, y el disfrute se hace muy aparente por la presencia de un hueco de diez, quince ó veinte metros de anchura, por veinte ó treinta de longitud horizontal, y otro tanto en el sentido del echado de la veta.

En la notable mina de Purísima de Catorce, comienzan los comidos en el creston, dejando la comisura á descubierto, y los salones se van sucediendo como las cuentas de un rosario desde el

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, 2ª edicion castellana, tomo III, pág. 85. Estos niveles pueden tomarse tambien para una simple estimacion, partiendo del brocal del Tiro general de San José, cuya altura absoluta es, según el Ingeniero D. Ponciano Aguilar, de 2,183 metros; por consiguiente, la region de los frutos más ricos de Valenciana se encuentra entre 2,083 y 1,843 metros de altura absoluta.

exterior hasta una profundidad perpendicular de más de 400 metros, inclinándose en la masa de la veta del S.E. en la superficie hácia el N.O. en la profundidad.

Esta inclinacion de los frutos en el seno de la Veta Madre de Catorce, que se repite tambien en la veta de San Agustin que le es paralela, tiene para mí una explicacion sencilla y fácil de apreciar. Ambas vetas han cruzado casi en ángulo recto una serie de diques pórfidos inclinados hácia el N.O. y relacionados al basalto, que apenas asoma en las cercanías de la Mina del Padre Flores. En muchas de estas regiones de contacto entre las vetas y los diques, aparece la abundancia de metales argentíferos, indicando claramente que la procedencia principal de los líquidos incrustantantes, tiene su orígen en las regiones profundas de interseccion entre la veta posterior y el dique anterior; pero ambos son á la vez las manifestaciones correlativas de una misma serie de fenómenos procedentes de las acciones basálticas.

Hay entre estas regiones productivas, zonas notables por su riqueza metalífera comprendidas entre dos diques de pórfido, que han circunscrito el ascenso de los líquidos incrustadores en el trayecto de la comisura comprendida entre ellos. Bajo semejantes condiciones de formacion ¿se podrá extrañar que los depósitos productivos desciendan con inclinaciones análogas á las de los diques, cuando estos han servido como de guía para localizar el movimiento de las disoluciones metálicas?

Concluida la region de los colorados, en la zona de transicion y en la de los negros, prosigue de pronto un contenido fuerte de plata en los frutos de Catorce; pero contenido que á la profundidad va decreciendo como en Guanajuato y Zacatecas, y á la vez los compuestos argentíferos aparecen distribuidos entre una maza cada vez más dominante de los sulfuros de los metales más comunes. Semejante aumento en la cantidad de los sulfuros metálicos que acompañan á la plata aparece en el país con bastante constancia, y esto pudiera indicar que los sulfuros y sulfo-antimoniuros de este precioso metal son más solubles en los líquidos incrustadores que los de los metales comunes, que aparecen depositados con mayor abundancia en las regiones inferiores, en donde el contenido de la plata ha disminuido en lo general.

En la Veta Madre de Guanajuato, así como en las otras vetas

argentíferas, situadas en la misma serranía, es característica la escasez de los sulfuros metálicos acompañantes de los compuestos de plata, y solamente hácia los cuerpos del bajo es donde se pronuncian más las cantidades relativas de pirita, galena y blenda.

El rico trayecto de la Veta Madre, comprendido entre la mina de Valenciana y la de Sirena, está separado de aquel en que se encuentran las minas poco activamente explotadas de Belgrado y de San Bruno, hácia el S.E., por una region de más de 2,000 metros de longitud, poco examinada por obras de investigacion.

Despues de la dislocacion que sufre la Veta Madre ocasionada por la Vetilla del Amparo en las cuadras de Sirena, se estrecha aquella de tal modo, que á su paso por la cañada misma de Sirena no se presenta bien desarrollado alguno de los cuerpos que la constituyen, y con objeto de investigarla, hace muchos años se dieron algunas obras de socavon hácia el S.E. partiendo del arroyo, con objeto de explorar la continuacion de la veta en el interior de la montaña. Sea porque estas excavaciones no tuvieron la longitud necesaria para efectuar una exploracion satisfactoria, ó bien porque la veta presenta en este tramo una extensa longitud de estrechamiento; el resultado es que hasta hoy ha faltado un aliciente bastante para emprender obras de registro, que muy probablemente se necesitarian largas y de costo para resolver de un modo terminante la espectativa que pudiera ofrecer la veta en esta region, en la cual cruza las inmediaciones de la fumarola basáltica de la cumbre de Chichíndaro.

Esta proximidad de una manifestacion basáltica bien definida y de una veta que cruza muy cerca, vale la pena de ser explorada, sin embargo de la poca apariencia que ofrece el creston del criadero en la superficie de un terreno más ó menos afectado por el metamorfismo. En efecto, en Catorce como en Guanajuato, el basalto está ligado á las vetas argentíferas por los mismos vínculos de union, el de las emisiones hidro-termo-minerales á través de las grietas de las montañas; grietas y emisiones que aparecen claramente bajo la forma de acciones de detalle que de léjos han seguido á los enérgicos movimientos orogénicos producidos por el basalto.

Esta roca, en las inmediaciones de las vetas explotadas en Catorce, únicamente se presenta cerca de la cumbre de una montaña

bajo la forma de una pequeña emision irregular, que apénas si llegó á la superficie del terreno, abriéndose paso entre las capas de la caliza. Cruzando superficialmente esta emision de basalto franco, se observa una vetilla argentífera angosta con un creston poco marcado, en tales condiciones, que no ha faltado quien se aventure á asegurar que por allí no aparece veta alguna; y sin embargo, de esos sitios de tan poco atractivo para el ojo minero más experimentado, se ha extraído una verdadera bonanza [1] por uno de esos juegos de azar que suelen aventurarse en las minas en épocas afortunadas.

Mr. Ward, representante del Gobierno Británico, que vino acreditado á la República Mexicana despues de nuestra emancipacion política; diplomático que con una constancia muy honrosa emprendió una larga y penosa peregrinacion por nuestros centros mineros de mayor importancia, cuando los elementos de viaje eran lentos y poco confortables, con objeto de cerciorarse por sí mismo del éxito más ó ménos favorable conseguido por las Compañías inglesas que vinieron á trabajar minas á la República poco despues de nuestra independencia; llegó con su comitiva á visitar el distrito minero de Catorce á fines de 1826, y él da cuenta de la bonanza encontrada en la localidad que he citado, por medio de una narracion animada apoyada en datos que recogió de los testigos oculares de esa bonanza, que estima en siete millones de pesos, disfrutada en dos bóvedas [2] de 1781 á 1783 por el sacerdote Flores. [3]

Estos salones ó bóvedas originados por la explotacion efectua-

1 "*Bonanza* es un término marino usado por los mineros mexicanos para designar el estado de una mina que cubre todos los gastos que exige su laborío, y deja un provecho anual considerable al propietario. No implica una suma particular, pues puede haber una *bonanza* de un millon, ó una *bonanza* de 20,000 pesos, pero siempre significa que las cosas caminan de un modo satisfactorio: en resúmen el minero se encuentra en accion navegando con velas desplegadas y con toda la perspectiva de un viaje próspero" *Ward,—México in* 1827.—London, 1828.—Vol. II pág. 25.

2 Las *bóvedas* de aquella época hoy son llamadas por los mineros catorceños, *salones*, ó sean grandes huecos provenidos de los ensanchamientos del criadero en la roca caliza, desapareciendo localmente la regularidad de los respaldos que definen la veta.

3 *México in* 1827 *by H. G. Ward Esq. His Magesty's Chargé D'Affaires in that country during the years* 1825, 1826 *and part of* 1827.—London, 1828.—Vol. II págs. 495 á 498.

da por el Presbítero Don José Manuel Flores, dueño de la mina, y de los cuales salió la masa de plata de cuyo valor acaba de hablarse, están colocados de tal manera próximos al basalto, que yo mismo me he cerciorado de la presencia de la plata nativa entre las finas resquebrajaduras de esta roca, perfectamente caracterizada.

Así, pues, tratándose de Catorce, si los diques de pórfido engendrado por el basalto, no pocas veces han servido de guía al ser cortados por las vetas para dar acceso á las disoluciones argentíferas que en las proximidades de las intersecciones han formado sus ricos depósitos, tambien el basalto mismo en su interseccion con la veta del Padre Flores, sirvió de guía para la formacion de un conducto franco por el que ascendieron los líquidos cargados de compuestos metálicos, que por su accion disolvente sobre la caliza ampliaron la comisura, á la vez que por la incrustante la llenaban de ricas asociaciones metalíferas, entre las que predominaba la plata. Probablemente la disolucion de la caliza fué motivo para violentar la accion incrustante por intermedio de reacciones químicas precipitantes. Jamás me he encontrado una manifestacion que más expresivamente demuestre el enlace de union de los fenómenos basálticos, sea francos ó sea encubiertos, con los criaderos argentíferos, como la que someramente acabo de mencionar perteneciente al importante Distrito de Catorce.

No por esto pretendo asegurar que la Veta Madre de Guanajuato, en el largo estrechamiento que exteriormente manifiesta á su paso por las cercanías de la montaña de Chichíndaro, sea indefectiblemente rica; pero he creido prudente, sin embargo, presentar esta observacion, por si ella pudiera ser tomada en consideracion á fin de investigar la veta en ese trayecto, no obstante su poco lisonjera apariencia superficial; tanto más, cuánto que la manifestacion basáltica que se presenta en el bajo de la veta del Santo Niño del Nayal, al Sur de Villalpando, no es para desanimar esta investigacion.

En las inmediaciones del Cerro de Chichíndaro, la Veta Madre atraviesa una region de arenisca verde en capas definidas, pero á la vez más ó ménos trasmutadas en pórfido. Avanzando hácia el Sureste, la veta comienza á marcarse mejor por entre las capas de arenisca verde al alto, y las de conglomerado rojo al bajo. Así

como en el trayecto de Valenciana á Sirena, la natural dislocacion del terreno producida por la comisura de la veta, se efectuó á través de la superficie de union del conglomerado rojo y de la formacion esquisto-diorítica; en la prolongacion de esta gran veta para el Sureste, la fractura quedó demarcada á través de la arenisca y del conglomerado rojo; y por tanto, la dislocacion consiguiente á la hendida del terreno, puso enfrente, en los labios de la comisura, el conglomerado rojo en el bajo (que antes se encontraba en el lado opuesto) y la arenisca verde en el alto. Más hácia el Sureste la veta parece estar encerrada en la superficie entre la arenisca verde.

El metamorfismo general de la region es muy aparente, y en tramos manifiéstase tan acentuado que la arenisca pasa á ser una dolerita porfiroide. Por esta razon el Sr. Humboldt al referirse á este trayecto de la veta en los párrafos antes trascritos, [1] dice que en esta parte atraviesa montañas porfiríticas.

Don Pascual Arenas refiriéndose á este mismo trayecto, se expresa de la manera siguiente: [2] "La Veta Madre desde la Cruz Grande al Sur-Oriente de Chichíndaro, se encuentra bien conocida, y va aumentando de potencia hácia Cardones, y está trabajada en las minas de la Cruz Grande, San Rafael, San Bruno, El Cedro, La Guerra y Cardones. Además, existen los ramales del bajo, de Belgrado, El Conejo, Canales y Santa Olaya, y los del alto, de San Francisco.

"La veta experimenta contracciones y ensanchamientos notables. En San Rafael se encuentra uno de los primeros, pues la veta se reduce á algunos centímetros de espesor; más en el Cedro toma de nuevo su potencia, y en la Guerra y Cardones, y en San Pablo, se puede asegurar que es de cincuenta metros. Antes de llegar á la bocamina de Cardones, se separa de la veta un cuerpo al alto con un rumbo de 26 grados Sur-Poniente, [3] y los otros cuerpos se ramalean considerablemente hasta el Puerto de Habilidad, en el que segun la opinion del minero práctico Don Luis Mañon, se vuelven á reunir ambos cuerpos para ramalearse de

1 Véase anteriormente pág. 272.
2 *Diario del Curso de Explotacion de Minas*, Junio de 1860, manuscrito.
3 Esta es la veta de Cardones dislocadora de la Veta Madre.

nuevo al Sur-Oriente. En estos ramales hay una multitud de catas, de las que una de las más importantes es la de la Zorra.

"El rumbo de la Veta Madre en Cardones parece ser de 35° Sur-Oriente con una inclinacion de 45 á 50° al Sur-Poniente.

"Las pintas de la veta varian algo de las reconocidas en Rayas y en Mellado y se acercan más á las de Cata y San Lorenzo. La plata se ecuentra en estado nativo mezclada con oro, y en el de plata sulfúrea, con galena de grano fino [plata azul] y piritas de de hierro. Los acompañantes son la pirita de fierro, la galena y la blenda [con escaséz] y algunos colorados con óxido de fierro. Constituyen las matrices el cuarzo, el espato calizo, pocos jabones y la arenisca verde que forma la masa del criadero y que se encuentra profundamente alterada."

En todo el trayecto del sureste de la Veta Madre, antes de que este célebre criadero se divida en varios ramales, su potencia se presenta en lo general menor que en las regiones de Valenciana y Rayas. Sin embargo de esto, en algunos sitios el creston suele tomar un espesor que recuerda el de las inmediaciones de Cata y de Fraustros. Entre las minas de Purísima y de Cardones se levanta bajo la forma de una montaña, de una manera arrogante desde el lecho del arroyo, presentando á la vista el alto cuarzoso perfectamente marcado de la veta, miéntras que la vertiente opuesta del mismo arroyo está formada por la arenisca verde que constituye el respaldo. En este grupo de minas, las explotaciones no han logrado el éxito tan favorable que el del Noroeste; así es que, las investigaciones más profundas en lo general no llegan á 200 metros, y los diversos cuerpos que suele presentar la veta no se encuentran tan reconocidos como en la zona opuesta.

El agua de las infiltraciones del arroyo vecino ha sido un obstáculo tambien para dificultar las explotaciones.

Observada la veta en conjunto se manifiesta en lo general brechiforme, cargada de cuarzo, más escasa en plata que en la region del Noroeste; pero parece que su ley en oro es más elevada.

En resúmen puede decirse: 1º que la Veta Madre hasta ahora se ha explotado ampliamente y con buen éxito entre las minas de Valenciana y de Sirena, en la region de contacto del conglomerado rojo y de la formacion esquisto-diorítica.

2º Que en su curso por entre el conglomerado rojo y por la

arenisca verde más ó ménos trasmutados en pórfido, las explotaciones no han conducido hasta ahora á una produccion argentífera notable por sus utilidades líquidas.

3º Que apénas se han ejecutado exploraciones sobre el trayecto de la veta encerrado por la formacion esquisto-diorítica, y como los resultados no han sido satisfactorios, puede decirse que se encuentra aún por resolver el problema de lo que será esta gran veta entre la esquista y la diorita, en un dilado curso, en su mayor parte intacto.

Se conocen en las regiones exploradas de la Veta Madre, dos dislocaciones producidas por las vetillas trasversales, la una en la mina de Sirena y la otra en la de Cardones. En el primer caso la dislocadora fué la veta del Amparo, escasa en pintas de plata, cuya direccion es de 13 grados Noreste y su inclinacion de 75 grados al Sureste, con una potencia media de un metro. La longitud de la dislocacion al nivel del socavon de Sirena [que yo mismo he examinado y que algunos años despues ha medido el Sr. Ingeniero Ignacio Rocha, sacando resultados iguales á los mios] es de 55 metros contados sobre la veta del Amparo, desde el reliz bien definido del alto, sobre el conglomerado rojo, del extremo de la veta no dislocado, hasta el mismo reliz en el cabo dislocado. Perpendicularmente al rumbo de la Veta Madre, este guiñamiento es de 48½ metros, siendo de advertir que segun me ha parecido por las capas fracturadas del terreno, el extremo dislocado de la veta ha subido, sirviendo de guía para el ascenso de todo el conjunto, las comisuras de las vetas del Amparo y de Santa Inés, que forman un ángulo obtuso dentro del cual queda situada la dislocacion.

La veta cuarzosa de Cardones, cuya direccion es de 25° Noreste y su inclinacion de 52° Noroeste, produjo la otra dislocacion. El socavon de Cardones que pone muy de manifiesto este accidente deja conocer que la Veta Madre sufre un guiñamiento de 74 metros contados sobre la dislocadera, ó bien de 65 perpendicularmente á su curso. Antes del accidente, la Veta Madre presenta una direccion de 34° y despues de 40° Noroeste.[1]

Por estos datos se viene en conocimiento de que las vetas de

1 Debo estos datos á la bondad del Sr. Ingeniero Don Octaviano Betancourt, quien en el terreno me puso de manifiesto este accidente.

direccion Noreste, dislocan á la Veta Madre y aun á las paralelas á ella, supuesto que la Veta de Villalpando, al bajo de aquella, fué tambien dislocada en las cercanías de la embocadura del Socavon de la Doctora, por la veta de San Francisco, que manifiesta un rumbo de 60° Noreste, con una inclinacion de 60° al Sureste.

La Veta Madre presenta, como las vetas angostas, algunos accidentes que imitan las dislocaciones, pero que más bien parecen afectar la forma de reuniones referentes á vetas de una misma época. El dibujo siguiente que debo á la amabilidad del Ingeniero Don Luis G. Campa, encargado anteriormente por algunos años de la mina de Mellado, representa la interseccion de la Veta Madre y la de San Lorenzo ó de Todos Santos, dentro de las pertenencias de la mina citada de Mellado.

El ángulo muy agudo del encuentro, el estrechamiento que presenta la Veta Madre en la region de contacto y el tipo general de los frutos de la de San Lorenzo, muy semejante al de los cuerpos del bajo de la Veta Madre, me hacen suponer que se trata aquí de la simple interseccion de dos comisuras de la misma época, en cuyo llenamiento las incrustaciones de la de San Lorenzo pudieron efectuarse con más facilidad, y por consiguiente demarcaron recalcadamente esa direcion, como no fué posible que tuvieran lugar del mismo modo en el cuerpo general de la Veta Madre, por el estrechamiento que sufrió su comisura. En las vetas angostas paralelas que caminan muy próximas, ó en las que se llaman dobles, es muy frecuente que en sus respectivas direcciones se afecten la una con la otra, y aun se corten sin ocasionarse dislocaciones.[1]

En el mismo dibujo he marcado otro cuerpo de veta que se desprende del alto de la Veta Madre en la mina de Mellado y pasa á la de Rayas con el nombre de Veta de los Reyes. Es uno de tantos ramales de provechosa explotacion que se presentan en este gran criadero, pero ramal que se destaca claramente por aparecer en las regiones limítrofes con la roca estéril.

Partiendo de la Veta Madre, existen al alto y al bajo diversas vetas, las unas muy próximas y que por tanto pueden considerarse como derivadas de aquella gran formacion, ó al ménos como

1 *Von Cotta*, etc., pág. 29, obra citada.

relacionadas á ella, y las otras que por la distancia á la que se encuentran, se pueden tener las unas por paralelas ó de la misma época y las otras quizá como de un orígen que no corresponde exactamente al mismo período.

De las vetas angostas cercanas á la Veta Madre situadas al alto, la única explotada con provecho en alta escala es la del Nopal, sin que por esto deba dejarse de citar la de Gavilanes más al alto aún, que produjo frutos muy aprovechables hasta 30 ó 40 metros de profundidad, y en una pequeña extension á rumbo. Ambas vetas se encuentran encerradas entre el conglomerado rojo franco poco alterado por ellas. La veta del Nopal, que en su region productiva tiene una direccion de 35° á 40° N.O., y está situada á 500 ó 600 metros de distancia próximamente al alto de la Veta Madre, si tuviera suficiente prolongacion, llegaria á encontrarse con ésta en su curso hácia el N.O.; así como tienen que cortarse por el echado, supuesta la mayor inclinacion de la del Nopal (60° S.O.).

Esta region del alto de la gran veta guanajuatense no habia sido explorada antiguamente, y apénas si hace veinte años que las obras del Nopal tomaron esta empresa seriamente. En Setiembre 10 de 1867 se comenzó por el alto de estos cuerpos de la veta, en la cañada de San Javier, la apertura del socavon de San Nicolás, y en el curso del año siguiente cortó una veta en frutos, cuya prosecucion produjo una bonanza, explotada en un tramo de veta de 300 metros de longitud, por 90 ó 100 de profundidad y un espesor de 2 ó 3; continuando despues los laboríos en un desarrollo medianamente productivo. A unos 40 metros al bajo de la veta del Nopal se encuentra la de Santa Rita, con 75° N.O. de direccion y 60° S.O. de inclinacion, y todavía 60 metros más al bajo demuestran las exploraciones la presencia de la veta de Santa Inés.

La existencia de estos cuerpos de veta, así como la de los multiplicados ramaleos hácia el bajo del Nopal, me parece que es un indicio claro de su probable derivacion en profundidad de los grandes cuerpos de la Veta Madre. En efecto, tienen además los frutos que producen cierta semejanza con los de los ramales del alto de aquella gran veta; de modo que, á no ser porque en el Nopal se presenta el rosicler oscuro en mayor abundancia, y la matriz dominante es la calcita, no podrían distinguirse fácilmente sus frutos de los procedentes de la gran veta.

La veta del Nopal tiene un tipo marcadamente cristalino, de manera que las especies mineralógicas metálicas y aun las matrices se aislan, formando bellos grupos de cristalizaciones. Entre estas se hacen notables las de rosicler claro y las de fluorina en cubos con bellos y variados colores. La molibdenita que se encuentra en el plan del tiro de Santo Domingo, á 260 metros de profundidad, surgió notoriamente fuera de las vetas argentíferas, entre unos ramaleos cuarzosos muy angostos.

Los ramaleos del Nopal se encuentran cruzados por unas hijuelas dislocadoras cuarzo-calcáreas, con grandes cristales; cuyo rumbo es casi el del meridiano magnético y su inclinacion, á veces nula por ser vertical, se dirige hácia el O. Las dislocaciones que establecen son de 8 á 10 metros en la horizontal.

Por lo demas, las explotaciones del Nopal establecidas sobre vetas angostas, en pocos años han disfrutado gran parte de sus cuadras, y si bien sus productos comparados con los de Valenciana, Cata, Mellado y Rayas, son pequeños, no obstante, en el período de quince años, en que sus laboríos caminaron con mejor éxito, sobre un rendimiento general de cuatro millones de pesos, han producido la mitad más ó ménos de utilidades netas.

Las vetillas situadas al bajo de la Veta Madre, más alla de sus últimos ramaleos superficiales, han sido, en lo general, desfavorables en su explotacion. La única mina que aparece como señalable por haber logrado en su trabajo utilidades líquidas, es la de Flor de María, situada en la cañada de Rayas, en la ladera que mira al E., á kilómetro y medio ó dos kilómetros de la Veta Madre, sobre una veta de direccion N.S., casi vertical, ligeramente inclinada hácia el E., y además de ésta se pronuncia otra veta de direccion S.O., ambas encerradas por la formacion esquisto-diorítica. Cerca de esta mina se encuentra un pequeño socavon abandonado, con una vetilla de direccion 40° N.E., é inclinada 60° al S.O.; por consiguiente, no se puede dudar que en esta region aparecen ramaleos de rumbo trasversal á la direccion de la gran veta, y en consecuencia, penetran á esta sin dislocarla, lo cual es una prueba de su contemporaneidad. El aspecto de los frutos de Flor de María es análogo á algunos de los típicos de la Veta Madre; advirtiendo que, sin embargo de encontrarse esta mina al bajo, sus pintas metalíferas tienen más semejanza con las del alto que con las del bajo de la gran formacion.

La vetilla de Flor de Maria produjo hace pocos años, muy cerca de la superficie, unos trescientos mil pesos, y no obstante esto, sus obras de exploracion no han pasado de una profundidad de 60 metros.

Retirándose indefinidamente al alto de la Veta Madre, ninguna explotacion, á excepcion de las del Nopal, ha podido consolidarse en los diversos cateos más ó ménos avanzados y aun exploraciones formales, como la de la mina de la Aldana, efectuadas sobre una zona de terreno demarcada en el alto, partiendo de la mina de Valenciana hácia el Suroeste. Es decir que hasta ahora, la gran veta guanajuatense, en sus regiones productivas, aparece como limitando hácia el Suroeste la zona argentífera de la localidad.

Correspondiendo con las regiones del Noroeste poco exploradas de la Veta Madre, se presentan al alto grupos importantes de vetas que, apénas conocidas á principios de este siglo, no son mencionados por Humboldt, ni aun por Burkart, siendo Saint Clair Duport[1] el primero que nombra las minas del Pabellon y de la Luz, situadas sobre una zona que más tarde ha venido á ser interesante.

De estos grupos de vetas, el que se hizo más célebre fué el de la Luz, situado á cinco ó seis kilómetros al alto de la Veta Madre, que en estas regiones cruza por las montañas esquisto-diorítica de Buenavista. Este grupo de la Luz es á la vez la zona más occidental explotada en el conjunto de las montañas guanajuatenses.

Al bajo de las vetas de la Luz, á uno y medio kilómetros proximamente, se encuentra el grupo de las vetas del Puertecito, y todavía aun más cerca de la Veta Madre, y siempre sobre las regiones del alto, en una extension de uno á dos kilómetros, partiendo de este gran criadero, se presentan las vetas angostas ligeramente exploradas en la poblacion de Santa Ana; vetas destituidas de toda buena tradicion, y encerradas en la masa de una diorita poco alterada por su curso.

Entre la Veta Madre y las vetas de la Luz existen, pues, multitud de vetas y vetillas más ó ménos exploradas en toda esta region esquisto-diorítica; pero las únicas dignas de mencionarse

1 *De la Production des Métaux Précieux au Mexique.*—Paris, 1843.—Página 208.

por haber dado lugar á explotaciones formales, son la veta de la Joya ó por otro nombre del Pabellon, la del Puertecito y la de Melladito. La primera corre con un rumbo general de 45° Noroeste, y una inclinacion de 60° al Noreste, por cuyo motivo se le llama *contranatural*, por oposicion á la mayoría de las vetas guanajuatenses que presentan su inclinacion al Suroeste, y por esta circunstancia se las llama naturales. La veta del Puertecito tiene una direccion general de 30° Noroeste, y una inclinacion al Suroeste. En el ángulo de interseccion de ambas se encuentra la veta de Californias, con una direccion de 40° Noroeste y de un echado vertical ligeramente desviada para el Suroeste. Estas dos vetas que tienen uno ó dos metros de anchura, se han distinguido por su riqueza en oro, y todo el grupo ha dado el notable ejemplo de presentar frutos ricos en sulfo-antimoniuros de plata [rosicler oscuro, plata agria y polibasita], sin largos intermedios estériles á poca profundidad; frutos que á 110 metros se han empobrecido, y la *borrasca* ó esterilidad en algunos sitios ha sido tal, que se ha llegado aun á dudar de la continuacion de las vetas hácia bajo. La del Pabellon ó Guadalupe se ramalea en hilos de calcita con escasa pirita de hierro sin ley de plata, y la de Californias parece reducirse á hilos arcilo-magnesianos de *blandura* ó de *jabones*. La matriz dominante es el cuarzo, y por esta circunstancia estas vetas se hacen muy visibles en un trayecto de más de cuatro kilómetros de longitud sobre la superficie diorítica del terreno; pero ellas únicamente han sido explotadas más formalmente hasta ahora en las minas del Puertecito, La Joya y Pabellon.

Entre estas vetas y las de la Luz aparecen otras exploradas sin buen éxito, conocidas por de San Antonio, de la Estrella y de Campolide, en lo general angostas, con un metro ó ménos de espesor, siendo su direccion de 50° Noroeste más ó ménos, y su inclinacion al Suroeste que suele acercarse á la vertical.

Al alto de todos estos grupos se presentan las vetas conocidas generalmeete por de la Luz, por haber sido éste el nombre de la primera explotacion próspera que atrajo sobre sí la atencion general por sus cuantiosos productos, y que por consiguiente constituyó el estímulo para estudiar la localidad y emprender la exploracion de las vetas comarcanas.

Propiamente la veta de la Luz hácia el Norte es la misma que

la de San Bernabé, y fué ésta la que dió orígen al importante descubrimiento de la region argentífera guanajuatense en 1548.[1] Pero si en la mina de San Bernabé se encuentran los trabajos más antiguos, no fueron por esto los más perseverantes, sin embargo de haber disfrutado una zona superficial rica y no pequeña, muy probablemente por la inconstancia de los productos hácia la profundidad y por la presencia del agua provenida del arroyo inmediato atravesado por la veta, que muy á poco debió presentarse como un enemigo poderoso, en aquellas épocas de verdadera infancia para la explotacion de las minas en la América.

La region, pues, á la cual se debió la fundacion de la colonia minera de Guanajuato, permaneció poco explotada por siglos, y no fué sino hasta 1832, cuando la mina de la Luz comenzó á mencionarse por el éxito que lograban alcanzar sus explotaciones, que en 1842 fueron ya bonancibles. En 1836 la negociacion de la Luz compró el socavon de San Bernabé, con lo cual la mina más antigua quedó incorporada á una empresa que más tarde pasó á ser opulenta.

El grupo de vetas de la Luz merece los honores de ser estudiado en detalle para describirlo convenientemente; entretanto me limitaré á presentar algunas apreciaciones generales fundadas más bien en las observaciones de los inteligentes ingenieros de la localidad, que en las mias procedentes de ojeadas rápidas del conjunto de una comarca que no he podido examinar minuciosamente.

Muchos de los mineros guanajuatenses estiman que el dicho grupo está constituido por una sola veta, ramaleada de diversos modos, y sujeta á cambios fuertes de direccion más ó ménos graduados. Otros opinan que además de esa veta, existen otras inmediatas de diverso rumbo que por tanto forman intersecciones.

La veta de la Luz propiamente dicha, puede seguirse fácilmente desde la desembocadura del socavon de San Bernabé [extremo Norte de las obras de laborío formales radicadas sobre su curso], pasando por el hundido del mismo nombre procedente de los disfrutes antiguos, siguiendo por las cuadras de la Luz, San José de los Muchachos, Santa Clara, el Refugio, San Vicente, La Trini-

1 *Efemérides guanajuatenses, por el Presbítero Lucio Marmolejo.*—Guanajuato.—1883.—Tomo 1, pág. 144.

dad y Remedios, hasta la cuadra de la mina de Jesus María, sobre una longitud de 2,400 metros, con una direccion general en promedio de 20° Sureste y una inclinacion de 60° á 70° al Suroeste.[1] En dicha cuadra, segun unos, forma una primera infleccion la veta pasando á ser su rumbo medio de 42° Sureste, sobre una longitud de 1,600 metros, cruzando las cuadras del Tiro general de Villariño y la de Sangre de Cristo, y siguiendo á lo largo por las del Santo Niño, hasta tocar próximamente el centro de las pertenencias de Purísima. De aquí en adelante forma la veta una curva de doble infleccion hasta tocar su direccion un rumbo del Oeste hácia el Este, en cuyos sitios se le incorpora la veta de Melladito ó del Rosario, y á su salida de las cuadras de San Pedro camina muy ramaleada, con un rumbo general de 45° Sureste, siguiendo las cuadras de Mexiamora, el Diamante y San Cayetano; siendo su echado en una longitud de 1,000 metros bastante constante en todas las regiones de 60° á 65° al Suroeste. Del lindero de San Cayetano para el Sureste la veta se ramalea en cuerpos muy angostos, cuya exploracion efectuada por diversas minas, hasta ahora no ha producido resultados satisfactorios.

En suma, si el curso de la veta de la Luz es el expresado por los renglones anteriores, se puede entónces asegurar que ella ha sido explorada en unos sitios y explotada en otros, sobre una longitud de 6,300 metros, á contar desde la boca del socavon de San Bernabé, hasta el lindero Sureste de las cuadras del Diamante y San Cayetano.

Al Norte de San Bernabé continúa la veta de la Luz bien marcada, aunque más angosta; pero los trabajos sobre ella no han alcanzado hasta ahora buen éxito.

Opinan algunos que la veta de la Luz se encuentra bien identificada desde San Bernabé hasta la cuadra de Jesus María, en la cual forma reunion con la veta de Plateros, que llega con un rumbo de 45° á 50° Sureste, y una inclinacion de 65° al Suroeste; pero que de esta reunion hácia el Sureste, las explotaciones se encuentran no ya sobre la veta de la Luz sino sobre la de Plateros.

Tilmann se expresa sobre este asunto de la manera siguiente:[2]

1 Véase el croquis adjunto á la página 313 de este capítulo.
2 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahren in dem Bergwerks.—Distrikte von Guanajuato in Mexico.* Münster, 1866, pág. 12.

"La veta principal de la "Luz" y la veta de "Plateros" por mucho tiempo se identificaron. La primera tiene un curso de 15° Noroeste, y la segunda de 45° á 50° al mismo rumbo, reuniéndose ambas en la cuadra de la mina de Jesus María, y despues de un trayecto aproximado de 200 metros en la superficie, sigue su direccion la veta de Plateros cruzando á la de la Luz; así pues, las minas que están al Noroeste de Jesus María, se encuentran sobre la veta de la Luz, y las situadas al Sureste sobre la de Plateros. Es extraño que la continuacion de ambos cuerpos colocados al alto de los labrados de las minas, no estén explorados, sin embargo de presentarse sus crestones estériles, supuesto que es de estimarse con cierta seguridad, el obtener frutos ricos á la profundidad, segun los resultados obtenidos en estas minas."

Conforme á esta idea, manifiesta la opinion de que las minas de Sangre de Cristo, Santo Niño, Purísima, etc., se encuentran radicadas sobre la veta de Plateros.

Conviene advertir que separadamente de los cuerpos de veta que como ramales se desprenden de la formacion general de la veta de la Luz, y que á veces se alejan ó se acercan, y aun se reunen de una manera análoga á lo que acontece en la Veta Madre, en una escala mucho mayor, se presentan sin duda alguna cuerpos de veta que se manifiestan con una direccion aproximada de 45° Noroeste, tal y como la de Plateros. Una veta de esta naturaleza [la de San Bruno], entró en reunion con la veta de la Luz en estado bonancible, en las cercanías de la línea divisoria con San José de los Muchachos, y de aquí tomó cierta popularidad la idea de que la riqueza extraordinaria de esa mina provino de la reunion de ambas vetas; idea que vino á ser corroborada en la mina de Jesus María, que sin llegar á declararse en bonanza produjo su explotacion utilidades líquidas.

Los cuerpos de veta de direccion 45° noroeste, se presentan en las regiones no explotadas, angostos y pobres en la superficie, y por estas circunstancias han sido poco explorados.

Además de estas vetas principales, existe otra que ha dado sus tramos de riqueza, llamada de Melladito ó del Rosario, al bajo de la de la Luz ó de San Bernabé, y á una distancia aproximada de 3 ó 4 kilómetros. Su direccion media es de 12 á 18° Noroeste, y su inclinacion de 50 á 55° al Noreste; por cuya circunstancia se

la llama *contranatunal*, ó sea de echado inverso al general de las vetas guanajuatenses, con un espeser muy variable desde unos cuantos decímetros hasta 15 metros. Ha sido labrada principalmente con buen éxito en las minas del Rosario y de Melladito, y recientemente en la de Bolañitos.

Esta veta se reune en las cuadras del Rosario y de San Pedro con los cuerpos de echado Suroeste dependientes del de Plateros.

A la vista de estas vetas se presenta desde luego la siguiente cuestion: ¿existen en estas regiones dos ó más sistemas de vetas que se crucen, ó bien las comisuras que hoy se presentan como vetas son todas contemporáneas, y por consiguiente penetran las unas en las otras sin producir verdaderas dislocaciones?

Careciendo de los datos necesarios para resolver la cuestion con la exactitud conveniente, me limitaré á presentar algunas observaciones que ocurren á la vista de los hechos.

Suponiendo la veta de Plateros de diversa época de formacion que la de la Luz, seria entónces más moderna, por ser cruzadora, y entónces habria ocasionado una dislocacion sobre la veta de la Luz, de 200 metros, que es lo que distan los dos supuestos extremos de la veta cruzada: Pero desde luego se desprende que la veta de San Bruno, tambien de 45° Noroeste de direccion que se reunió á la de la Luz en el disfrute de la célebre bonanza, debió haber dislocado á ésta en el trayecto de la rica explotacion.

No hay, sin embargo, quien dé cuenta de un hecho tan notable como habria sido la brusca terminacion de dicha bonanza por una cruzadora, y despues de más ó ménos tiempo y estudios su hallazgo al otro lado del cruzamiento: en consecuencia, la historia del disfrute testifica contra la supuesta dislocacion. Además, el plano de los labrados subterráneos indica que entre la veta de la Luz y la de San Bruno hubo una reunion, pero sin originar un salto segun parece, ó lo que es lo mismo, que ambas son contemporáneas. Se puede, pues, con este fundamento dudar de la supuesta dislocacion de la veta de la Luz por la de Plateros, además de que no habiéndose hasta hoy registrado en la historia general de las vetas una desviacion de 200 metros, hay tambien motivo para dudar de ella.

Pudiera creerse que las vetas de la Luz y de Plateros siendo

contemporáneas, á su encuentro bajo un ángulo agudo de 35° poco más ó ménos, caminaron reunidas doscientos metros para despues separarse cada cual con su direccion respectiva. Esta hipótesis parece la más aceptable á fin de conciliar el hecho de la falta de dislocacion en la reunion que tuvo lugar en los disfrutes de la gran bonanza, con motivo de la entrada de una veta paralela á la de Plateros, y la aparente dislocacion que se manifiesta á consecuencia de la reunion iniciada en la cuadra de Jesus María, y la salida de una veta despues de concluida la reunion, con una direccion análoga á la de la veta de la Luz.

Esta opinion de contemporaneidad de estas vetas recibe otro apoyo con motivo de la analogía mineralógica que presentan ambas en su composicion; así pues, parece por ahora más conveniente llamar á la veta sobre la cual están ubicados los labrados de Jesus María, para el Sureste, de Plateros, de acuerdo con lo que indica el Sr. Tilmann, citado ántes.

Por lo demás, la exploracion de la veta de Plateros al Noroeste de Jesus María, y la de la Luz al Sur de Villariño no se ha llegado á realizar hasta hoy en términos formales.

La veta de la Luz, así como la Veta Madre tiene la propension á dividirse desde las pertenencias de San Bernabé hasta las de Jesus María, en dos y tres cuerpos, cada uno con un espesor de dos ó tres metros, y á veces alguno de ellos hasta doce y con cierta tendencia á tomar en su inclinacion mayor verticalidad el cuerpo situado más al bajo. Esta propension al ramaleo pudiera reconocer el mismo orígen que en la Veta Madre; ó sea la facilidad con la cual pudo hendirse en varias comisuras la esquisto-diorita al fracturarse la corteza terrestre para la formacion de las vetas.

La veta de Plateros presenta igual tendencia y formas de ramaleo entre Jesus María y la mina del Rosario; pero en las pertenencias de San Pedro Gilmonene, al Oeste, se divide en varios cuerpos separados por gruesos intermedios de roca [caballos], extendiéndose en una anchura total de más de cien metros. De allí en adelante, para el Sureste, los cuerpos se definen en vetas angostas que continúan surcando la formacion esquisto-diorítica.

Hay que advertir que de todas las vetas encerradas por esta formacion diorítica, bien sea de aquellas que como la de la Luz tienen su rumbo aproximado al meridiano magnético, ó bien de

las que se acercan á la direccion Noroeste, incluyendo en ellas á la de Plateros y sus paralelas, y las del Puertecito y la Joya, pocas salvan la region limítrofe de la diorita-esquista en su contacto con el conglomerado rojo; por cuya circunstancia pocas vetas ó vestigios de ellas cruzan la cañada de Marfil ó la de la ciudad de Guanajuato.

Respecto de la veta de Melladito, de inclinacion al Noreste, llega á formar interseccion con las vetas dependientes de la red de Plateros desde las cuadras del Rosario hasta entrar á las de San Pedro. El estudio de esta region es interesante por algunas circunstancias que sucintamente enumeraré conforme á las noticias que se ha servido comunicarme el hábil ingeniero D. Francisco Glennie, director de las empresas mineras del Sr. Rul.

La veta de Melladito presenta en la mina del Rosario el notable ejemplo de servir como de límite en su inclinacion, á diversos pequeños cuerpos de veta de inclinacion Suroeste que se desprenden de la red de Plateros: además, la veta principal de las minas de Purísima y de San Pedro corta á la del Rosario, estableciendo entre ambos cabos una ligera dislocacion, y en fin, para anunciarse la reunion, la veta principal de Purísima forma un codo muy marcado, que despues del encuentro vuelve á formarse en sentido inverso.

Fácilmente se reconoce en este accidente la influencia que la comisura anterior de la veta del Rosario ó de Melladito, ejerció sobre la formacion de las correspondientes á la red de Plateros, conforme lo manifiesta el adjunto cróquis.[1]

Antes de la interseccion, en las cuadras de Purísima, se presenta una vetilla dislocadora de rumbo Noreste y de inclinacion al noroeste, que en su travesía únicamente disloca á la veta del alto de Purísima y no á las vetas principales, y al Sureste de la misma interseccion, en las cuadras de San Pedro, y á 150 metros Sureste del tiro, aparece otra dislocacion en la veta principal, por unas fallas de direccion Noreste, en figura de A; es decir, con inclinaciones inversas por cada lado, que forman una arista 60 metros ántes de llegar á la superficie; de esta arista para arriba no hay dislocacion; pero 140 metros abajo, ó sea á 80 bajo la arista,

1 Las cuadras marcadas proceden de un plano levantado por el finado Don Sebastian Ortiz, y las vetas están representadas á simple tanteo.

se presenta en la horizontal estableciendo entre los cabos cortados una distancia de 30 metros.

La reunion de las vetas en estas regiones, está caracterizada por una alteracion del terreno arcilificado ó esteatificado en lo general, formando lo que los mineros llaman *blanduras*, por lo flojo y derrumbadizo del material que constituye allí las vetas, y estas reuniones en la mayoría de los casos son improductivas. Fácil es imaginarse que tratándose de grandes vetas contemporáneas, el encuentro de sus comisuras primordiales debió formar grandes huecos, muy susceptibles de derrumbarse, y poco hábiles por tanto para dejar expedita la circulacion de las disoluciones incrustadoras.

La estructura de las vetas de la Luz, Plateros y Melladito, es en lo general semejante: en donde su espesor ó el de los ramales correspondientes es considerable, aparecen más bien brechiformes, con abundancia de materiales de los respaldos, y con geodas y drusas más ó ménos desarrolladas, guarnecidas de cristales de calcita ó de cuarzo á veces hialino. La veta de la Luz es de ellas la que se ha hecho más notable por sus bellas cristalizaciones. Sobre ésta, en la mina de San Vicente, se encontró una abra de 7 ú 8 metros de largo, 15 de altura y 2 y medio de ancho, tapizada de hermosísimas cristalizaciones blancas y trasparentes de calcita, con metastáticos de uno ó dos decímetros de largo. Cuando las vetas se manifiestan angostas, ó bien en sus ramales delgados, la estructura bandeada se define claramente, y á veces con la simetría característica de las vetas más regularizadas, y aun con sus geodas ó comisuras cristalinas centrales.

Los compuestos argentíferos aparecen en estas vetas de las maneras más variadas, formando pequeñas geodas cristalinas, en hilos ó venillas que serpentean por la masa general del criadero, ó bien bajo la forma de anillos [*ringerze*] ó de cucarda [*cocardenerze*] cuyo nucleo central calcáreo-cuarzoso suele contener argentita finamente incorporada; la capa siguiente arcilo-cuarzosa abunda en granos finísimos de pirita con más ó ménos argentita, y encima aparecen capas de cuarzo con listas concéntricas teñidas de color azulado por la argentita incorporada. La veta de la Luz durante la célebre bonanza, produjo abundantes y bellísimas cristalizaciones de rosicler oscuro, [*pyrargyrite; dunkles rothgültigerz*],

y poco claro [*proustite; lichtes rothgültigerz*], con agrupamientos de prismas exágonos de cuatro ó cinco centímetros de largo y dos ó tres de diámetro, traslucientes á veces y apiñados en caprichosas figuras. Los museos mexicanos y algunos europeos exhiben ejemplares de rosicler oscuro de esa veta, que los llegó á producir sin matriz hasta de 10 y 12 kilógramos de peso.

Además de estos compuestos argentíferos, figuran en esas vetas, la *polybasita* antimonial y arsenical, con los caracteres distintivos marcados con precision por el sabio mineralogista guanajuatense Don Severo Navia;[1] la *miargyrita* ó rosicler semi-prismático; la *plata agria* [*Stephanite* ó *Psaturose*, *sprödglaserz*]; la *plata gris* [*polytelyte*, *weissgültigerz*]; la *argentita*, la *freibergita* y cerca de la superficie, en la region de los colorados, la *bromargyrita* ó el *bromuro de plata*, citado por el mismo profesor Navia, del cual he visto ejemplares en pegaduras fácilmente reconocibles. El oro nativo, generalmente invisible, se encuentra asociado á todos los minerales argentíferos, y sus partículas solamente se hacen visibles en la zona de los colorados, como si hubieran provenido de la descomposicion de la pirita, y muy particularmente en todos los disfrutes de las vetas ricas en este metal de la region del Puertecito y de la Joya.

Como acompañantes se encuentran, la pirita de hierro, la de cobre; escasamente la blenda y la galena, rara vez la estibina ó sulfuro de antimonio, el antimonio nativo [en las minas de San Pedro y Mexiamora] y el cinabrio [en Mexiamora]. En la region de los colorados los acompañantes son: el óxido de hierro, los carbonatos de cobre y rara vez la *cervantita* ú ocre de antimonio [Mexiamora].

Como matrices aparecen, el cuarzo bajo diferentes formas, desde las variedades cristalinas, hasta las calcedoniosas y pulverulentas; la calcita en cristales á veces muy hermosos ó en masas más ó ménos cristalinas, los fragmentos de las rocas de los respaldos afectados por el metamorfismo filoniano; escasamente la dolomía y las zeolitas, y como una guarda, la roca magnesiana de la montaña esteatificada lamada *jabon;* rara vez yeso ó sulfato hidratado de cal, apofilita en bellos cristales, y aun más raramen-

1 *La Naturaleza. Periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.*—México, 1875.—Tomo III, página 198.

te la fluorina en cristales, y rarísimamente el ópalo blando y el líquido [en San Pedro].

Durante la bonanza de la Luz, en la region de esa veta, por excelencia cristalina, se dice que abundaron las cristalizaciones de calcita de color pardo de clavo. Los jabones verdes que formaban la guarda en el alto de la veta, fueron notables por su ley de oro, equivalente en peso á la cuarta ó á la quinta parte de la plata contenida en ellos.

En las regiones ricas de estas vetas, el rosicler oscuro y en general los sulfo-antimoniuros son las especies mineralógicas de la plata que se presentan más abundantes. He observado que así en estas vetas como en las de otras regiones del país [Zacatecas, Catorce, Sombrerete, etc.], estas especies tienen la tendencia de aislarse en las geodas, huecos y comisuras de las vetas, bajo la forma de cristales, de masas ó de pequeños granos, segregándose de las matrices y acompañantes; y su diseminacion entre todas estas materias parece obedecer á la fuerza mecánica del depósito por incrustacion, que no dió lugar á que se ejercieran las acciones cristalogénicas; miéntras que la argentita y la naumannita se diseminan tan homogéneamente en las matrices [particularmente en el cuarzo, al cual le comunican un tinte azulado tirando á negro, de variada intensidad segun la cantidad del compuesto argentífero incorporado], que parece que las disoluciones incrustadoras á la vez depositaban el cuarzo y el compuesto argentífero, en términos de no excluirse para una mezcla íntima las partículas de una con las de la otra especie mineralógica.

La veta de la Luz, por el desarrollo de los cristales, aun tratándose simplemente de las matrices, por las fracturas que ellos han sufrido, á veces muy notables, como las de los metastáticos de calcita en secciones perpendiculares al eje principal, y por las soldaduras que unas masas cristalinas han establecido sobre las fracturadas, se presta á estudios interesantes sobre la naturaleza y la edad de los depósitos que se han sucedido en circunstancias favorables para el desarrollo de los agrupamientos cristalinos; pero el abordamiento de esta tésis me obligaria á salir de los límites que me he propuesto.

Las vetas de la Luz, Plateros y Melladito, tienen mucha semejanza en su composicion mineralógica, que en lo general única-

mente discrepa por el variado aspecto consiguiente á los fragmentos de los respaldos que entran á formar parte de ellas; fragmentos que, como es de suponerse, cambian de aspecto no solamente de una veta á otra, sino aun tratándose de la masa de una misma. Además de estas variaciones, existen otras que quizá dependan de la naturaleza de la roca que forma los respaldos. Por ejemplo, en Mexiamora que la veta arma en diorita, es muy abundante en pirita de hierro, y esto pudiera explicarse por la riqueza en este metal de la hornblenda, que es uno de los elementos de la diorita; miéntras que, por ejemplo, la veta de la Luz en las pertenencias de la mina del mismo nombre, ménos rica en pirita, surca unas rocas en lo general más pobres de hierro, por ser más inclinadas á esquista y á vacia gris, encerrando bancos de caliza.

En estas vetas, así como en la Veta Madre, no puede desconocerse la influencia ejercida por las rocas de los respaldos sobre ellas. En la diorita franca, ó en la formacion más inclinada á diorita y á sienita, las vetas aparecen angostas y con tendencia á formar ramales estrechos y numerosos; pero cuando estas vetas están provistas de plata, su ley es relativamente elevada, y los tramos estériles cortos, como ha acontecido en la mina de Mexiamora, en la del Puertecito, Pabellon, Joya, etc. En la formacion más inclinada á esquista ó á vacia gris, las vetas se ensanchan, los cuerpos de ramales son potentes, y si bien los clavos ricos escasean, se puede conseguir por medio de una direccion inteligente y previsora que la abundancia de una extracción de frutos más ó ménos pobres, compense lo que no puede lograrse por falta de elevada ley.

Sin embargo de las numerosas exploraciones emprendidas sobre las vetas de la Luz y de Plateros, á consecuencia del estímulo producido por los notables productos líquidos obtenidos por la negociacion de la Luz y por la de San José de los Muchachos, no se ha logrado encontrar un clavo bonancible de aquella importancia. Este notable depósito metalífero se extendió sobre una longitud de veta más ó ménos productiva, que pasó de 400 metros, desde el crucero diagonal al bajo de "Dios te guie," que cortó los primeros frutos en 1842 en la Luz, hasta los últimos laboríos productivos al Sur en las pertenencias de San José de los Muchachos en 1860.

El contorno de la masa disfrutada sin discontinuidad es caprichoso. Descubierta la region metalífera al nivel del cañon de "Dios te guie," á 160 metros bajo el brocal del tiro de San Juan de Dios [que fué emprendido en 1846 para atender á las necesidades crecientes de un laborío en bonanza], y 75 al Norte contada sobre la veta, partiendo de la normal dirigida del centro del tiro á dicha veta; desde luego, desviándose en su límite hácia el Norte, formó una curva, y con una inclinacion próxima de 45°, descendió hácia el Sur hasta las inmediaciones del tiro y á una profundidad de su brocal de 250 metros; de donde siguió su contorno rico inferior una línea casi horizontal dirigida para el Sur del tiro, hasta entrar y seguir por las pertenencias de San José de los Muchachos. Por la parte superior, el contorno siguió la horizontal del descubrimiento por el cañon de la Cruz y Soledad, y de la normal del tiro tomó una inclinacion ascendente hácia el Sur, de 45° por el contracielo de los Monos hasta tocar el límite con San José de los Muchachos, á una profundidad de 67 metros, por consiguiente, al salir este rico disfrute de las pertenencias de la Luz para entrar á las de la mina vecina, se encontraba extendido sobre una seccion vertical de 180 metros, correspondientes á 200 sobre el cuerpo inclinado de la veta. Cruzó, pues, el lindero de una á otra mina en el mayor esplendor de la bonanza, en términos de que fué más productiva para San José de los Muchachos, segun lo demostrado al final del capítulo I.

Para la mina de la Luz el trayecto horizontal de rico disfrute fué de 170 metros próximamente; pero si se examinan con atencion los planos de esta mina, con facilidad se observa que los antiguos laboríos de la mina de la Cruz, desde el comido y quebrado superficial de San Miguel, se encuentran situados sobre un brazo de esta zona metalífera; brazo que llegó hasta el exterior, y de donde probablemente dependió su descubrimiento y el crédito de esta veta en época anterior á la gran bonanza. La region productiva se extendió, pues, en épocas antiguas, para el Norte, aunque en menor escala en cuanto á su riqueza y produccion, 250 metros más.

Difícilmente se encontrarán en otras vetas que no sean en las poderosas de Guanajuato, regiones de cerca de 700 metros de longitud, con metal argentífero de elevada ley, apénas interrumpido

por cortos tramos de esterilidad. Como apénas notable despues de la bonanza de la Luz, únicamente puede mencionarse el clavo disfrutado en la mina de Purísima, que produjo, más ó ménos, cinco millones de pesos. Hubo algunos disfrutes ricos pero cortos en Villariño, San Pedro y Jesus María. [1]

Los intermedios estériles ó incosteables en estas vetas son largos, y frecuentemente las regiones provistas de frutos toman la figura de columna ó chimenea de poca anchura á rumbo, y terminando al echado por empobrecimiento; por consiguiente, segregando del movimiento general de esta comarca las minas de la Luz y San José de los Muchachos, los resultados de las demas explotaciones, en conjunto, habrán rendido una utilidad corta comparada con la notable produccion de aquellas minas, que fueron las que promovieron la exploracion de estas vetas en una escala y con una actividad hasta aquella época desconocida en Guanajuato.

Pocos años hace que el socavon aventurero de San Cayetano destacado en la base de la montaña diorítica próxima á las adjuntas del arroyo de Santa Ana y del Puertecito, abierto con objeto de explorar de travesía, ó bien de crucero oblícuo, la prolongacion de las vetas del Puertecito y de plateros, que surcan estas regiones; socavon que avanzó enmedio de una completa esterilidad más de 1,800 metros, hasta fines de 1882, penetró en un trayecto de veta angosta pero rica, abundante en rosicler oscuro, con diseminaciones de casi todas las especies mineralógicas de la plata que caracterizan á la veta de la Luz. Al nivel del socavon, la longitud del tramo bonancible apareció de 200 metros, y á la profundidad de 150 parece haberse tocado con el límite inferior de este clavo, ó al ménos con su aureola de empobrecimiento, que de la parte del socavon hácia arriba se hace tambien perceptible, por la disminucion en la ley de los frutos reconocida por el tiro de San Cayetano.

A reserva de dar algunas noticias históricas en el capítulo siguiente sobre un trabajo minero modelo de constancia, basado sobre la creencia de que alguna de las vetas que debieran explorarse por una obra á través de toda la región metalífera, en la

1 Tilmann, opúsculo citado, página 14.

zona que precede á la conclusión de casi todas ellas por adelgazamiento; obra proyectada é iniciada por el minero inglés Don Cárlos J. Furber, profundo conocedor de la localidad, diré que el depósito metalífero encontrado, ya notable por su longitud, se encuentra situado, segun me ha parecido, sobre uno de los ramales en los que se divide la veta de Plateros, en las pertenencias de San Pedro Gilmonene; ramales que despues de atravesar las cuadras de Mexiamora, fácilmente se presume que continúan del mismo modo por las del Diamante y San Cayetano, dentro de las cuales está el trayecto productivo.

No hay por tanto que dudar que esta bonanza en actual disfrute, es una nueva y no escasa partida de abono á la cuenta general de explotacion correspondiente á las vetas de la Luz.

Poco hay que decir sobre la veta de Melladito, que habia sido explotada largo tiempo hace por la mina del mismo nombre, con éxito regular hasta la profundidad de 150 metros; pero encontrándose el creston de la veta principal y alguno otro de las secundarias surcado por arroyos, el desagüe de la mina originaba una explotación onerosa.

Hace pocos años, para esquivar esta dificultad, se abrieron túneles á fin de canalizar las aguas de los arroyos, y con esto la mina entró en un nuevo período lisonjero.

Mas recientemente la de Bolañitos, al Sureste de Melladito, se ha presentado en una via próspera, y por tanto se viene demostrando que esta veta es susceptible de rendir buenas utilidades líquidas bajo la accion de un trabajo inteligente.

En el Rosario este cuerpo ha sido explotado con éxito mediocre, y aun es probable que pueda en lo sucesivo ser provechosa su formal exploracion.

Abarcando las vetas de la Luz, Plateros, Melladito, Puertecito y Joya con sus respectivos cortejos de cuerpos á ellas subordinados bajo el punto de vista de su composicion mineralógica, y comparándola con la de la veta del Nopal, situada tambien al alto pero muy cerca de la Veta Madre, no puede desconocerse la semejanza de todas bajo este mismo aspecto. Es preciso solamente tomar en cuenta las diferencias inevitables consiguientes á las diversidades de las rocas cruzadas por las vetas. La del Nopal, encerrada por el conglomerado rojo, tiene abundantes fragmentos

de esta roca envueltos en su masa, bien sea estériles ó bien impregnados de compuestos de plata, lo cual origina que á la primera ojeada aparezca esta veta de un aspecto bien diferente de las otras; pero si se comparan ejemplares de todas destituidos de la materia de los respaldos, será fácil reconocer entónces la analogía de composicion de ellas, si bien cada una conserva ciertos caracteres de individualidad, por el desarrollo mayor ó menor de las cristalizaciones, la manera de presentar los agrupamientos de las matrices y de los compuestos metálicos, etc., etc.

Recordando además que todas estas vetas, incluyendo el gran criadero guanajuatense, conservan su direccion del Norte hácia el Oeste, desde 15° hasta 50°, fácilmente se presume que en caso de que ellas no formen un solo sistema, la semejanza de direccion está revelando que pertenecen al final del mismo período dinámico-geológico, y que por consiguiente es de suponer en su edad relativa cortas diferencias.

El grupo de todas estas vetas de curso marcado y de espesor no reducido, situadas al alto de la Veta Madre, parece constituir un indicio de que este gran criadero no será estéril en sus regiones hasta hoy inexploradas del Noroeste, situadas sobre las montañas esquisto-dioríticas de Buenavista.

Al bajo de la gran veta y á 4 ó 5 kilómetros de distancia, se presentan algunas otras dignas de tomarse en consideracion, formando cuerpos de alguna importancia ó simples vetillas de ramaleo, que en algunos trayectos han sido explotados ó simplemente explorados.

En general esta comarca del bajo ha sido investigada con ménos actividad que las demas regiones guanajuatenses, quizá por no haber atraido la atencion por medio de largas y celebradas bonanzas.

En cualquier otro distrito minero de menor importancia que Guanajuato, estas vetas habrian sido trabajadas con mayor empeño, visto el carácter que las distingue de su elevada ley aurífera, superior, tomada en general, á la de los frutos de la Veta Madre y de las regiones de la Luz. Digo en general, porque en algunas minas importantes situadas sobre la primera, como en Rayas y Santa Anita, ó bien sobre las situadas sobre las vetas del Pabellon y Puertecito, se han presentado leyes de oro muy elevadas

que compiten con las obtenidas en las minas de la Sierra, como se designa á las situadas bastante al bajo de la Veta Madre.

La region minera es mucho más extensa que la de la Luz, y quizá sea de una longitud igual á la de la gran veta guanajuatense; pero como en ella las vetas son angostas, se encuentran á la vez limitadas en su curso, si bien como una compensacion aparecen multiplicadas. Para no hacer difusa mi narracion tratándose de este grupo numeroso poco célebre, la reduciré á caracterizarlo de una manera general.

La veta de San Nicolás del Monte es de las de mayor espesor, pues llega á alcanzar á 6 y 7 metros de anchura, con una direccion análoga á la de la Veta Madre y una inclinacion de 70° al Suroeste, siendo sus pintas semejantes á las de ésta pero con una ley de oro en lo general mayor. Al bajo de ésta aparecen algunas otras de las que las principales son las de la Fragua, [sobre la cual se encuentran las minas de San Bartolo, Encinillas y el Refugio, con otras intermedias en una extensión de 2 á 3 kilómetros], y la de la Indiana [con las minas de la Indiana, Enmarañados y Ánimas], con su direccion Noroeste, su inclinacion de 70° al Suroeste y un espesor de dos ó tres metros. Al alto se encuentra la veta de la Barragana con su direccion Noroeste, su inclinacion de 60° á 70° al Suroeste y su espesor de 2 metros.

Probablemente sobre este grupo de vetas y sobre sus ramaleos, se encuentran los laboríos cercanos á la poblacion minera de Santa Rosa. La roca dominante es aun la esquista franca, declinando á veces á diorita y otras á pórfido por la energía del metamorfismo basáltico. Es casi seguro que este grupo, bien sea por las vetas mismas que lo forman, ó bien por otras que las sustituyan en direccion, se prolonga hácia el Noroeste hasta internarse en las montañas de metapórfido, por los terrenos del Rancho del Ojo de Agua y por el Puerto de las Crucitas, [véase el plano geológico], en cuyas regiones han sido poco exploradas.

Al alto de la veta de San Nicolás del Monte, se encuentran los grupos de Peregrina y Villalpando, cuyos crestones asoman entre las capas de arenisca verde más ó ménos trasmutadas en pórfidos; y todavía más al alto que éstas, aparece la veta del Santo Niño del Nayal, á poca distancia de los ramaleos del bajo de la Veta Madre, y quizá formando parte de ellos.

Todas ellas con sus respectivos ramaleos y con las vetillas trasversales que las cruzan, se han hecho notables en diversas épocas por la fuerte proporcion de oro que acompaña á la plata.

La veta principal de Peregrina llamada de la Rosa de Castilla, corre con un rumbo general de 60° Noroeste, ligeramente desviada de la vertical hácia el Suroeste. En la superficie, entre el tiro del Barreno y el de Guadalupe, el creston se presenta poderoso, é incluyendo los intermedios estériles y los cuerpos que se le reunen en direccion y por la inclinacion, en virtud de los echados contrarios, para asomar reunidos á la superficie, llega á ser de 30 metros, no siendo á la profundidad el espesor aislado de la de Peregrina sino de 4 ó 5 metros en término medio.

Los disfrutes ó comidos principian desde la superficie en esa region, y continúan casi sin interrupcion hasta la profundidad de 200 metros, como si la masa productiva descendiese verticalmente. La estructura compacta de esta veta sin drusas y sin bandas marcadas, es monótona: la matriz dominante es el cuarzo compacto blanco astilloso, pasando al silex córneo [*hornstein*], labrado de vetillas finas de calcita blanca, con tendencia á formar esferoides de capas concéntricas apénas definidas ó bosquejadas. Los compuestos metalíferos cruzan la masa cuarzosa más ó ménos irregularmente, ó simplemente tiñen á las matrices; pero no llegan á aislarse en lo general en cristalizaciones, pegaduras ó en hilos delgados de las especies mineralógicas argentíferas bien definidas.

Los depósitos se han efectuado, pues, con cierta celeridad ó quizá con agitaciones ó vibraciones de los líquidos incrustadores, manifestadas por la escasez de los cristales desarrollados y por la uniformidad en grandes tramos de la masa metalífera.

Esta veta, pues, por la constancia de composicion y por la falta de cristalizaciones, es el reverso de la veta de la Luz, que es variada en su estructura y abundante en cristalizaciones.

En Peregrina la pinta dominante que he encontrado es la argentita, quizá asociada de naumanita, con oro nativo en pequeños granos, ménos diminutos que los que aparecen por lo regular en la Veta Madre ó en las de la Luz, y como acompañantes únicamente he observado la pirita de hierro.

Las exploraciones efectuadas sobre esta veta, fuera de las per-

tenencias de Peregrina, hasta ahora han sido de poco resultado y pudiera decirse por tanto que la region productiva, única hasta ahora labrada con provecho, es la de la reunión de la veta principal de esta mina, ó sea la de la Rosa de Castilla con otros cuerpos, entre los cuales figuran el de Remedios, al bajo con 45° ó 50° Sureste y su inclinación de 65° al Suroeste, y el de Santa Rosalia al alto, con 40° Noroeste é inclinación de 50° al Noreste.

La veta principal de Villalpando llamada tambien de la Cruz, la describe Burkart de la manera siguiente:[1] "El cuerpo de la Cruz tiene una direccion de 8 horas [60° Noroeste] y un echado de 60° á 65° al Suroeste, pues corre casi paralelamente con la Veta Madre. Su espesor en algunas partes es de 9 á 10 varas [de 7.5 á 8.4 metros], y en otros se reduce á 2 ó 3 [de 1.7 á 2.5 metros], ó se pierde enteramente. Se le conoce en una extension de media hora de camino, sobre la cual ha habido varias minas fuera de la de Villalpando, con la pertenencia de la Doctora. La veta presenta un reliz claro en el alto y ménos marcado en el bajo, teniendo frecuentemente en su centro una comisura delgada que la divide en dos partes. Constituyen sus matrices el cuarzo blanco y el espato calizo, con incrustaciones abundantes de fragmentos agudos de los respaldos. Los metales que surgen en esta formacion son: el oro nativo finamente diseminado, como en la Veta Madre, pero rara vez en términos de dejarse reconocer sin auxilio de la tentadura; plata nativa en hojillas delgadas del color característico; plata agria [*Sprödglaserz*] mezclada con cuarzo y clorita, como en la Veta Madre [*apolvillado*] y pirita diseminada, tanto en las matrices como en los apolvillados."

Penetrando á esta veta por el socavon de la Doctora, situado 117 metros abajo del brocal y á 700 al Sureste del tiro general de San Lorenzo de Villalpando, se le observa una direccion de 45° Noroeste, y una inclinacion de 60° al Suroeste, con un espesor variable de dos á seis metros. Presenta largos tramos estériles y otros fructíferos ya disfrutados; pero hace largos años que no se le explota con formalidad ni en la mina principal ni en las demas ubicadas sobre ella, quizá por impedirlo el elevado nivel de las aguas, que en esta región parecen ser un poco más abundantes.

1 *Aufenthalt und Reisen in Mexico in den Jahren* 1825 *bis* 1834.—*Stuttgart* 1836.—I Band 356.

El laborío de los altos, sin embargo, sobre los ramaleos que ofrece la veta en el alto, produce frutos costeables, que hace tiempo se están extrayendo. En ellos la argentita es la pinta dominante, y la plata nativa en hojillas y pegaduras provenidas de la descomposicion del sulfuro. Las manchas de color pardo de ocre que forman á veces como una aureola á los granos de argentita, semitrasformados en plata nativa, parecen denunciar que éstos están constituidos por la asociacion del sulfuro de plata y del de hierro, ó sea la *sternbergia;* especie mineralógica que muy probablemente existe tambien en la Veta Madre, supuesta la facilidad de asociacion del sulfuro de hierro y del de plata, bajo la forma de piritas ricas, que en ella suelen presentarse en los sitios de agrupamiento de frutos de elevada ley.

Entre estos cuerpos ó ramaleos de la veta de Villalpando, se hacen notables los más ó ménos trasversales en su direccion y de inclinacion hácia el Oeste ó hácia el Este [contranatural], por las fuertes leyes que suelen presentar en plata y oro enmedio de una matriz de poca dureza, en la region de los colorados, formada por la asociacion de granos cristalinos de cuarzo conglutinados por un cimento arcilo-ferruginoso, algo rojizo, que aparece como el centro de la vetilla, y simétricamente á ambos lados, bandas angostas de cuarzo compacto más ó ménos teñido por el compuesto argentífero, sobrepuestas de otras bandas ferruginosas de color pardo rojizo. Suelen encontrarse en estos hilos, en su contacto con la veta, bandas galenosas más ó ménos descompuestas acompañadas de carbonato de plomo. El oro visible á la lente denuncia la elevada ley de los tramos así constituidos [100 marcos de plata por monton de 32 quintales, y 200 granos de oro por marco, ó bien 42 milésimos]; pero lo angosto de estos hilos y la inconstancia de los productos que rinden, contrapesan en gran manera su riqueza.

Sobre estas vetillas llamaron la atencion los Sres. Humboldt y Burkart: el primero refiere que en su visita en 1803 la ley común de los frutos era de 2 onzas de oro por carga de 12 arrobas;[1] durante la visita del segundo en 1828, la mina se encontraba trabajándose en corta escala[2] y no menciona los resultados productivos

1 *Ensayo político sobre Nueva España*, traducido al castellano de la segunda edicion. Paris, 1827. Tomo III, pág. 45.
2 *Aufenthalt und Reisen in Mexico.* I Band 357.

de estos hilos cuya descripcion efectuó. En estos minerales ricos en oro, parece advertirse que su ley en el metal amarillo se conserva poco más ó ménos independiente de su contenido en plata.

Al bajo de la veta principal, como á 150 metros se encuentra en explotacion la veta de Soledad, con 60° Noroeste de rumbo, una inclinacion de 60° al Noreste y un espesor de uno á dos metros. Se ha labrado con moderados provechos hasta 150 metros de profundidad. Sus pintas la asemejan mucho á la veta principal de Villalpando.

Al alto de ésta se encuentran otras vetas sobre las cuales llamaré la atencion de una manera rápida.

La veta del Tajo se encuentra reconocida y explotada á ambos lados de la cañada de Villalpando, por medio de dos socavones de direcciones opuestas: el del Oeste es el correspondiente á la mina de la Loca; para el Este el de la mina del Tajo de Dolores. Su direccion se aproxima á ser Este Oeste, con inclinacion de 50° á 65° hácia el Sur; por consiguiente si se prolonga lo bastante hácia el Este, debe entrar en interseccion con la veta principal de Villalpando. Por el Oeste, á 200 metros de la entrada del socavon de la Loca, su curso concluye por ramaleo. Cruza superficialmente las capas francas de arenisca verde, y á la profundidad queda encerrada por la arcilo-esquista, que asoma debajo de esta arenisca en las cercanías del tiro general de Villalpando, cerca de la mina misma de la Loca, y en los alrededores de la mina del Capulin.

Esta veta, en las cuadras de la Loca, ha producido frutos argentíferos con matriz dominante de cuarzo compacto, generalmente blanco, con incrustaciones de fragmentos de los respaldos más ó ménos cuarcificados. Las especies mineralógicas productivas que se han presentado con más constancia son: la argentita más ó ménos selenífera, en hilos ricos, en finas diseminaciones ó en impregnaciones; el rosicler oscuro ó pirargyrita en capas ó pegaduras cristalinas, y la polybasita compacta y diseminada acompañada de chalcopirita. La pirita de hierro en corta cantidad casi figura como el único acompañante.

En la mina del Tajo la explotacion moderna más importante que se ha realizado, es la de la region de encuentro de la veta del mismo nombre, con las vetas trasversales de San Francisco y del Baul, con una direccion de 65 á 70° Suroeste, y una inclinacion

de 65 á 80° al Sureste; region que además de presentar frutos argentíferos, la ley en oro se manifiesta elevada, como acontece en toda la region de Villalpando en la interseccion de las vetas con las trasversales. La veta del Tajo aislada, presenta la misma composicion que en la Loca, con abundancia de cuarzo compacto como matriz principal; pero las de San Francisco y del Baul, en la reunion, se presentan en colorados, con matriz de cuarzo más ó ménos poroso é impregnaciones de arcilla ferruginosa. Los *ojos*, ó pequeños depósitos de estos frutos alcanzan una ley de 100 marcos de plata por monton de 32 quintales, y 100 granos de oro por marco [ó sean 21 milésimos del peso de la plata], y entónces el metal amarillo suele hacerse visible en granos, con su color característico, incrustado entre las manchas color de ocre producidas por el hidróxido de hierro.

Retirándose de la zona de encuentro, la veta trasversal de San Francisco ha sido explorada hasta ahora sin éxito favorable.

De las vetas investigadas en estas regiones de la serranía guanajuatense, ninguna se ha hecho más célebre por su ley en oro, que la del Santo Niño del Nayal, al Sureste de las minas del Cedro y de San Bruno, sobre la Veta Madre, y á una distancia de ellas en línea recta de cuatro kilómetros.

Cruza esta veta con direccion de 45° Noroeste, inclinacion de 50° al Suroeste y con un espesor medio de un metro, la vertiente Oeste de una elevada montaña [cuya cumbre se eleva á 2,509 metros de altura absoluta] formada por la arenisca semitrasmutada en pórfido, y en partes con paso á dolerita en las inmediaciones de la veta. La composicion de ésta ofrece mucha semejanza á la vez con las vetas cuarzosas de Villalpando y de las regiones del Sureste de la Veta Madre, y con las arcillosas trasversales de las mismas regiones de Villalpando.

La veta del Nayal no se hizo notable sino hasta 1873, con motivo de haberse descubierto un trayecto productivo, cuyo disfrute concluyó en 1876, rindiendo á los accionistas un provecho líquido de 230,000 pesos. El decrecimiento de la ley y los gastos del desagüe, desequilibraron la marcha de la empresa de tal manera, que sin embargo de haber avanzado un tiro [el de la Trinidad] suficientemente para investigar la veta á la profundidad, las obras de cañon no llegaron á penetrar debajo de la continuacion del cla-

vo productivo, que descendió inclinadamente del Noroeste hácia el Sureste.

En la region de empobrecimiento los frutos ensayaban 3 ó 4 marcos de plata por 32 quintales y 600 granos de oro [ó bien 125 milésimos del peso de la plata]. Dícese que llegó á producir esta veta carga muy escogida y por consiguiente muy escasa, de 40 marcos de plata por monton [de á 32 quintales] y 2,000 granos de oro [ó sean $\frac{416}{1000}$ del peso de la plata]. En la época en que éstos disfrutes se realizaban, llamaron la atencion por la elevada ley de oro, que en verdad fué excepcional, si bien la veta que los produjo era demasiado angosta, pues que en su parte fructífera no pasaba de treinta centímetros en promedio.

Las grandes pérdidas de oro que se resentian en el tratamiento de estos frutos por el sistema de amalgamacion en los arrastres, fueron explicadas mediante los interesantes estudios del inteligente profesor guanajuatense D. Vicente Fernández, quien demostró que además del oro que se encontraba en estado nativo en los frutos, una notable proporcion aparecia bajo la forma de seleniuro doble de plata y de oro, ó sea de naumanita aurífera, y por consiguiente el metal amarillo encerrado en esta combinacion escapaba por completo á la amalgamacion.[1]

Conviene observar, que así como en la veta del Nayal aparece una proporcion notable de oro en términos de haber hecho fructífera su explotacion, y que además, como elemento electro-negativo mineralizador de este metal aparece el selenio; en las vetas de Pinos, tambien muy notables por su riqueza en oro, el selenio entra en fuerte proporcion en la mineralizacion de la plata y aun en la del oro. Ambos casos correspondientes á dos distritos mineros situados hácia la region central del país, pueden constituir un antecedente para buscar el oro en los frutos argentiferos de otras vetas de la misma region, en las cuales aparezca el selenio entre sus elementos de composicion.

Muy al bajo de las vetas de Villalpando, es decir, al Noreste, á 11 kilómetros, se encuentra el caballete montañoso de San Anton de las Minas, sobrepuesto de peñones caprichosos, abajo de los cuales, sobre las vertientes del Noreste, cruzan unas vetas cuar-

1 Véase el periódico *El Minero Mexicano*. México, 1875. Tomo II, página 346.

zosas análogas en su composicion mineralógica á las de las cercanías de Villalpando. Sus leyes en oro son tan notables como las de éstas, y sin embargo, apénas han sido explotadas en pequeña escala y á corta profundidad. La distancia á la que se encuentran de la ciudad de Guanajuato, centro de los negocios mineros de la localidad; lo quebrado del terreno que debe atravesarse á fin de salvar la distancia que las separa, duplicando el camino que debe recorrerse para la travesía de las personas y la conduccion de la carga, ha sido un obstáculo insuperable para que el grupo de San Anton haya podido ser explorado por los mineros guanajuatenses. Pero hoy que el Camino de Fierro Nacional Mexicano atraviesa el valle inmediato de Dolores, esa comarca auro-argentífera está llamada á formar un núcleo de trabajo de no dudoso porvenir.

Para dar una idea más determinada del monto del oro en las minas de estas regiones, diré, que por los datos que bondadosamente me fueron facilitados, correspondientes á las minas de Peregrina y el Tajo, la ley media del oro contenido en los frutos producidos en el curso de 1883, fué para la primera de 50 y para la segunda de 20 milésimos del peso total de la plata contenida en los frutos. Esta cantidad del metal amarillo es demasiado importante, supuesto que aumenta mucho el valor del metal precioso, objeto de la explotacion.[1]

Abarcando bajo un punto de vista general las vetas argentíferas situadas al Oriente de la ciudad de Guanajuato, desde la prolongacion de la Veta Madre, partiendo de la montaña de Chichíndaro para el Sureste, cuyos ramaleos del alto forman el límite hácia el Oeste de la region metalífera hasta ahora reconocida, y terminando esta amplia zona en el sentido de su anchura en las minas de San Anton, no puede desconocerse la analogía de composicion mineralógica de toda esta serie de criaderos, que bajo la forma de vetas surcan esta region, generalmente del Noroeste hácia el Sureste. Esencialmente cuarzosas por sus matrices, sin excluir en ellas una mezcla de carbonato de cal más ó ménos cris-

1 Un kilógramo de plata fina ó pura vale en las casas de moneda mexicanas $39 $\frac{109}{1000}$. Con $\frac{20}{1000}$ de oro su valor es de $51 $\frac{197}{1000}$ y con $\frac{50}{1000}$ es de $69 $\frac{330}{1000}$. Esto aparte del fuerte premio que en la actualidad tiene el oro por su cambio en moneda de plata.

talino; compactas en su estructura, generalmente constante y á veces brechiforme: escasas en sus acompañantes formados por la pirita amarilla de hierro y por la de cobre, y dispersas las combinaciones de plata y el oro nativo enmedio de su masa, no puedo reconocer en ellos sino la manifestacion de los mismos fenómenos filonianos coetáneos.

Las vetas y vetillas trasversales de direccion Noreste que las cruzan, son en su generalidad más modernas, como acontece en las demas regiones guanajuatenses; supuesto que á veces manifiestan haber dislocado más ó ménos á las de direccion normal, ó sea del Noroeste; pero advirtiéndose que estas trasversales se enriquecen por lo regular notablemente en las inmediaciones del cruzamiento, parece probable que los líquidos metalíferos incrustadores, estando encerrados en las regiones inferiores, sin salida por la completa obstruccion de las comisuras constituidas ya bajo la forma de vetas de rumbo normal, al surgir las nuevas comisuras trasversales, dichos líquidos han podido escaparse ó al ménos ascender por las cercanías del cruzamiento, y esto explicaria la presencia localizada de los metales preciosos en estas vetas, á la vez que su notable riqueza.

Por lo demas es muy de advertir que la situacion de estas vetas notablemente auríferas, corresponde con la zona guanajuatense de montañas en las que el metamorfismo basáltico ha ejercido su influencia de una manera marcada, convirtiendo en pórfidos más ó ménos perfectamente las capas de arenisca verde; y cuarcificando extensas superficies de terreno.

Las trasmutaciones en pórfido y las impregnaciones cuarzosas, parecen pues ejercer una influencia particular para enriquecer en oro las vetas que surcan estas comarcas. Merecen, pues, estas condiciones de yacimiento, estudiarse con atencion y detalle, muy particularmente cuando en la actualidad el metal precioso amarillo tiene una estimacion preponderante, y cuando la plata se encuentra depreciada en no poco grado.

Circunstancias análogas se dejan observar en las importantes explotaciones del distrito minero de Zacatecas. En efecto, las vetas que cruzan la formacion esquisto-diorítica, son pobres en oro, y hasta ahora no se ha llegado á sistemar en los frutos procedentes de ellas la extraccion de este precioso metal; pero en las regiones

en las que dichas vetas afloran entre las capas de conglomerado rojo ó de esquista más ó ménos trasmutados en pórfido por el metamorfismo basáltico, el contenido de oro sube y su extraccion ha podido sistemarse. Esto acontece con las explotaciones de la zona del Oeste de la serranía zacatecana, notoriamente en las minas de la Negociacion del Bote, situadas sobre la prolongacion de la Veta de la Cantera, y sobre las paralelas á ella, encerradas por la esquista más ó ménos trasformada en pórfido.

Los crestones de la misma veta de la Cantera, por el lado opuesto, al descender de la serranía y atravesar la llanura oriental, surgen de entre los depósitos cuaternarios bajo la forma de peñones, presentando entónces sus productos minerales argentíferos con ley de oro. Caminando un poco hácia el Sureste, sobre los crestones mismos, aparecen las rocas afectadas por el metamorfismo basáltico, y aun trasformadas en pórfido, con lo cual queda explicada la presencia del metal precioso amarillo.

Entre las rocas propicias para que las vetas manifiesten un aumento en su ley de oro, se encuentra á veces la caliza compacta. En efecto, en Zacatecas la veta del oro sobre las vertientes boreales de la serranía, presenta una ley más elevada en este metal que los frutos del Bote, si bien á la vez los tramos fructíferos son muy inconstantes. Los minerales auríferos de las vetas de la sierra de la Ballena enlazada con la montaña granítica del Peñon Blanco, encerrados en la caliza cretácea compacta, son mucho más ricos que los de las vetas no lejanas de Pinos, en el Estado de Zacatecas, que cruzan capas alternantes de vácia gris, esquista y caliza.

En Pinos mismo, en las vetas que cruzan por regiones de rocas cuarcificadas, ó por las constituidas por capas de caliza compacta, el oro con su color amarillo característico, entra á formar parte de la pinta, en mayor proporcion que en las vetas de las otras regiones locales.

A la vista de estos hechos citados en compendio, pudiera presumirse que el aumento de oro en estas vetas proviniera de que las mismas rocas mencionadas contuvieran este precioso metal en cantidades mínimas diseminadas en ellas por el metamorfismo, y que de su masa hubiera pasado á la comisura de las vetas por una mera lixiviacion, tal como de una manera bien clara se observa

frecuentemente con el óxido de hierro anhidro ó hidratado, cuando entra en notable cantidad como componente de las rocas de los respaldos, que pasa de éstas á las vetas para quedar en ellas depositado generalmente bajo la forma de sulfuro en la zona de los negros, ó de óxidos ó de oxisal en la de los colorados.

En comprobacion de este aserto citaré la siguiente apreciacion del sabio americano Mr. J. D. Dana, al efectuar una sinopsis general sobre los criaderos auríferos: "Así pues, el oro de las vetas se ha derivado de las rocas adjuntas á las comisuras, bien sea directamente adjuntas ó bien situadas abajo ó arriba de ellas, y por tanto el metal debe haber estado ampliamente distribuido en la masa de estas rocas desde ántes de que se hubieran cristalizado y las vetas tomado su orígen, en cantidades tan infinitesimales en un pié cúbico, que las capas, sin el metamorfismo de la formacion de las vetas, habrian permanecido sin valor como terreno minero explotable."[1]

Respecto de los demas metales citaré la siguiente apreciacion: "Segun las experiencias y observaciones publicadas por Mr. C. A. Burghardt [Chem. News XXXVI, 281], sobre la acumulacion de los minerales cobrizos en las vetas, se deduce que las rocas cristalinas contienen cobre metálico, el cual por medio de las disoluciones de cloruro de sodio y de ácido carbónico, se convierte en óxido cuproso, cloruro cúprico y malaquita."[2]

Pudiera tambien provenir el enriquecimiento en oro de un simple juego de afinidades que con frecuencia se presenta en las vetas, y segun el cual, algunas materias metalíferas van á depositarse en las cercanías de ciertas rocas más bien que en las inmediaciones de otras.

Cuando se observa en la serranía guanajuatense que en los arroyos provenidos de estas regiones auríferas, despues de la estacion de las lluvias, el lavado de los acarreos por métodos imperfectos produce oro metálico, que yo he visto extraer en pequeña escala del lecho de la Cañada de San Nicolás del Monte, y del arroyo principal de las minas de San Anton, se llega á sospechar que alguna de las rocas de la comarca sea aurífera, supuesto que

1 *A System of Mineralogy.*—Fifth edition.—New York, 1870; pág. 6.

2 *A Dictionary of Chemistry and the Allied Branches of other Sciences by Henry Watts*, etc., etc.—Third supplement.—Part II.—London, 1881; página 1329. Vease tambien sobre este interesante asunto las observaciones expuestas por Von Groddeck, *Traité de Gites Métalliféres, traduit de l'allemand par H. Kuss.* Paris, 1884; pág. 445 y siguientes.

la trituracion y acarreo de los fragmentos en vasta escala por las aguas pluviales producen las arenas que se explotan. Existe la opinion de que este oro proviene de las vetas de las regiones que contienen este precioso metal en mayor proporcion; pero se presentan dificultades que no permiten admitirla sin comprobarla por medio de observaciones, supuesto que los crestones de dichas vetas ocupan una superficie muy pequeña relativamente á la de la totalidad de los declives de las montañas que forman las vertientes tributarias de los arroyos en cuestion, y por consiguiente los fragmentos triturados de las vetas descienden en proporciones mínimas entre toda la masa trasportada por los acarreos, y quizá seria preciso asignarles una ley en oro muy elevada para que ellos pudieran producir las arenas mencionadas.

Tampoco es de admitirse que este oro provenga de los terreros de las minas explotadas, removidos y trasportados por las aguas; pues en San Anton los trabajos mineros siempre se han ejecutado en pequeña escala y en cortas temporadas, y sin embargo la extraccion del precioso metal ha sido constante. Merece, pues, estudiarse el problema con detenimiento, supuesto que de su resolucion tendrá que sobrevenir la racional explotacion del oro en mayor escala y bajo condiciones de mejor expectativa.

Desde luego surge una cuestion de importancia. ¿Si las rocas metamórficas en sí son auríferas y sus detritus producen las arenas explotadas, no será conveniente explorar los depósitos cuaternarios de la comarca, á fin de asegurarse si en ellos existen capas provistas del precioso metal?

Los aluviones cuaternarios son de una extension y de un espesor considerable en todas las regiones del globo, y en nuestro país han constituido gruesos depósitos en los numerosos valles lacustres, formados por cantos y detritus provenidos de los anfiteatros montañosos comarcanos, alternando generalmente con capas de margas y de tobas; depósitos que terraplenaron las grandes depresiones situadas al pié de las cadenas de las montañas. Las poderosas erociones, pues, de ese período estando representadas en la República mexicana, al afectar en la respectiva escala á la serranía guanajuatense, ¿no será de presumirse que los grandes acarreos aluviales y diluviales de esa época hayan arrastrado entre su masa arenas auríferas por los cauces de los arroyos de

San Nicolás del Monte y Marfil, Mirasánchez y San Anton de las Minas? ¿En ese evento esas arenas no estarán depositadas á cierta profundidad entre los aluviones de esa época formando placeres profundos [*deep diggins*], siguiendo el curso antiguo de esos arroyos entre los valles inmediatos de Burras y de Dolores? ¿Esas arenas se encontrarán en condiciones industriales adecuadas para emprender su exploracion y disfrute en términos de lograr la consolidacion de negocios productivos en la actualidad, cuando los aparatos para la separacion del oro han llegado á resultados notables por su economía y monto de extraccion?

Es de advertirse que la region guanajuatense auro-argentífera situada entre las vetas de Villalpando y las de San Anton de las Minas, es extensa, y no solamente encierra multitud de vetas apénas reconocidas las unas é inexploradas las otras, sino que comprende además una amplia zona montañosa enérgicamente metamorfoseada por las acciones basálticas y más ó ménos cuarcificada. Con estos mismos caracteres de formacion se extiende el terreno hácia el Noroeste hasta más allá de lo que he llamado Sierra de Guanajuato; por consiguiente si esas rocas fueran auríferas, sus detritus arrastrados hácia los valles inmediatos, podrian contener el precioso metal en términos de ser posible en algunos sitios su explotacion con ventaja.

Conviene recordar que en las montañas directamente eslabonadas con las guanajuatenses, por el Noroeste, en San Juan de la Chica, paralelamente á una veta mercurífera que ha sido explotada antiguamente, se encuentra á corta distancia [35 metros] otra veta paralela cuarzosa con oro nativo, que en diversas épocas ha sido explotada en pequeña escala.

A la inteligencia de los hábiles ingenieros residentes en Guanajuato dejamos la resolucion de estos problemas que no carecen de interes, en una época en la que el monometalismo tiene poderosos defensores para que únicamente la moneda de oro forme la base de las transacciones mercantiles de todo el globo.

Segun lo ya manifestado, el oro se encuentra finamente diseminado en todas las vetas guanajuatenses de importancia, como compañero inseparable de los compuestos de plata. Generalmente la ley en oro más baja es de 6 á 8 milésimos [30 ó 40 granos por marco]; pero en algunos sitios excepcionales, desde la super-

ficie hasta 100 metros de profundidad, la Veta Madre ha presentado leyes de oro de 80 milésimos en las minas de Santa Anita y San Vicente, al Sureste de Rayas, y hácia las de Aparecida y Promontorio.

Excepcionalmente tambien la veta de la Luz, durante la célebre bonanza de 1842 á 1860, presentó muy ricas leyes de oro en algunos tramos de los *jabones* que formaban la guarda [*salband*] del alto de la veta, en los que su proporcion llegó á montar de la quinta á la cuarta parte del peso de la plata.

La ley general de las explotaciones de la Veta Madre, al Noroeste de la montaña de Chichíndaro, y de las de la Luz, puede estimarse en 10 milésimos en promedio [ó sean 50 granos por marco].

En algunos distritos mineros mexicanos el oro se presenta con cierta independencia de la plata. En Pinos por ejemplo, hay vetas en las cuales el metal amarillo se encuentra aislado sin mineralizaciones de plata, [como en la veta de Cruz de Mayo], y en este evento el beneficio ó tratamiento de estos frutos concluye con la porfirizacion en los arrastres. En Guanajuato la asociacion de ambos metales preciosos es más estrecha, y no sé que se hayan presentado en cantidad frutos únicamente con uno de estos metales.

En las inmediaciones del pueblecillo de Harperos, al Este de la poblacion de la Luz, he visitado pequeñas exploraciones [Cata de San José en la Loma Larga, al Noroeste del cerro de la Calera, y la de la Tenería al Sur del mismo cerro] abiertas sobre vetas plomosas angostas y de pequeño curso encerradas por la arcilo-esquista. Hácia la superficie, el carbonato de plomo asociado al hidróxido de hierro y á pequeñas cantidades de carbonato de cobre, constituyen la pinta dominante diseminada en una matriz calcáreo-arcillosa, que á pocos metros de profundidad presenta la galena definida, bien pobre en plata. A la vista de las montañas de la localidad me ha parecido que estos criaderos inexplotados se encuentran relacionados con la liparita granitoide, cuyo contacto con la esquista se manifiesta á muy corta distancia; así pues, he creido que se pueden referir por su antigüedad al período Eoceno.

En cuanto á la generalidad de las vetas de que me he venido

ocupando, no puedo considerarlas sino como correspondientes á un mismo período de orígen, cuya inauguracion tuvo lugar al declinar la energía de los fenómenos basálticos que emergieron y levantaron á elevadas alturas la mayor parte de nuestra superficie territorial.

No solamente la direccion general preponderante de las vetas hácia el Noroeste, y la semejanza mineralógica de su composicion, autorizan la admision de esta hipótesis, sino que además, en las regiones de la serranía correspondientes á estas vetas, no se observan vestigios de accidentes volcánicos intermedios ó posteriores á su formacion. Soy de opinion pues, de que estas vetas son en las montañas en que están situadas, el postrer eco ó sean las últimas manifestaciones de detalle de los majestuosos fenómenos orogénicos locales, enlazados con los generales del país. Posteriores á su formacion aparecen únicamente los peñones y mesillas de la época cuaternaria, situados en las llanuras ó reclinados en las bajas vertientes de las montañas, al ocultarse en los valles lacustres.

El Sr. Tilmann manifiesta la idea de que la época de orígen de la comisura de la Veta Madre corresponde á un intermedio entre la sedimentacion del conglomerado rojo y la del losero.[1] Despues de examinar la prolongacion de ese gran criadero, de Chichíndaro para el Sureste, en donde la veta con entera claridad corta las capas de la arenisca verde ó losero, es imposible conformarse con esa opinion. Por otra parte, las vetas de la region de Villalpando cortan las capas de la misma roca y por consiguiente dejan conocer perfectamente que son posteriores á éstas.

Las montañas guanajuatenses metamorfoseadas por el basalto mismo ó por las acciones derivadas de él, encierran además de estas vetas de metales preciosos ya mencionadas, y de otras muchas de la misma especie, las unas poco reconocidas y las otras inexploradas, criaderos de algunos metales comunes que mencionaré rápidamente.

Entre los acarreos aluviales que descienden por las vertientes del norte de la serranía, aparecen en el lecho de los principales

1 *Der Bergbau und das Amalgamations. Verfahren in den Bergwerks. Distrikte von Guanajuato in Mexico.*—Münster, 1866; página 16.

arroyos riñones de *cassiterita* ú óxido de estaño, de variadas dimensiones [*wood-tin*, ó riñon grande; *toad's-eye*, ojo de zapo ó riñon chico; *stream-tin*, ó arena estannífera], acompañados de riñones de limonita ó hidróxido de hierro, de riñones de cinabrio rojo ó pardo rojizo [plomillo de los estañeros], de cristales de topacio y de hierro oligista más ó ménos estannífero.

Despues de la estacion de las lluvias los estañeros colocan sus planillas ó aparatos de concentracion toscos, fabricados con cantos y tierra arcillosa, en el lecho mismo de los arroyos ántes de que los charcos de agua desaparezcan, y sujetan al lavado los acarreos depositados en las cercanías. Despues, en bateas, ó sea en artesillas semiesféricas de 4 ó 5 decímetros de diámetro, concluyen la concentracion con una poca de agua, separando á mano y muy rápidamente los riñones de cinabrio y de limonita. El producto obtenido se sujeta á la fundicion en pequeños hornillos prismáticos con fuerte soplo, y cuando se combinan inteligentemente los minerales, el estaño metálico que se obtiene es desde luego de primera calidad.

La naturaleza temporal de estas explotaciones repetidas de año en año, pone de manifiesto la presencia de la cassiterita en las montañas de metapórfido, de cuya superficie es deslavada para formar parte de los acarreos contemporáneos aluviales. La presencia del topacio en los mismos acarreos deja conocer, que la produccion del óxido de estaño tiene el mismo orígen probable que en los criaderos de Europa, segun la teoría tan hábilmente desarrollada por Mr. Daubrée,[1] que fué aceptada por Mr. Elie de Beaumont en su clásico trabajo sobre las *emanaciones volcanicas y metalíferas*, y que más tarde ha sido comprobada por otras observaciones; teoría segun la cual el estaño ha surgido muy probablemente del interior del globo bajo la forma de fluoruro volátil, acompañado las más veces de fluoruro de silicio y de fluoruro de boro, y al contacto del vapor de agua se formó óxido de estaño, que se adhirió á las paredes de las comisuras, y por imbibicion del fluoruro se depositó tambien en la masa de las rocas adyacentes, que se han cuarcificado en unos casos, kaolinizado en otros,

1 *Etudes Synthétiques de Géologie Expérimentale.*—Paris, 1879; página 28. Véase tambien *Synthèse des Minéraux et des Roches* par F. Fouqué y Michel Lévy.—Paris, 1882; página 389.

y en todos se presentan como compañeros del estaño, cortejos de silicatos, en los cuales entran el fluoro y el boro (topacio, turmalina, etc.), además de algunas otras especies mineralógicas.

No solamente de las montañas de Guanajuato se desprenden riñones de cassiterita, pues que, sobre una superficie muy extensa de nuestro territorio, he tenido lugar de observar su presencia bajo condiciones semejantes, sirviéndole de acompañantes el topacio, el hierro oligista y la limonita. Los campesinos se fijan con mucha frecuencia en los cristales de topacio, á veces diáfanos, incoloros, con sus caras cristalinas perfectamente marcadas, y con una forma por lo general constante y muy sencilla por las combinaciones cristalográficas que manifiestan: la existencia de estos cristales revela desde luego la presencia del óxido de estaño. El inteligente profesor Sr. D. Antonio del Castillo, ha recogido cristales de topacio imbricados en cassiterita.

Los criaderos que he tenido ocasion de examinar en el macizo de las montañas, son los unos acarreos cuaternarios unidos por cimento arcilloso, en los cuales se presenta la cassiterita dispersa en las masas aluviales, y los otros son criaderos más ó ménos filonianos encerrados por los metapórfidos, cuarcificados en unos casos y arcilificados ó kaolinizados en otros, y en ellos se encuentra *in situ* el óxido de estaño más ó ménos asociado al hierro oligista

Conviene mencionar entre los metales comunes encontrados en Guanajuato, la *molibdenita* ó sulfuro de molibdeno, provenida del tiro de Santo Domingo en la Negociacion del Nopal, de 260 metros de profundidad, entre unos ramalcos cuarzosos dispersos en el conglomerado rojo. El estaño y el molibdeno son dos metales que en Europa se encuentran más comunmente en rocas de la éra paleozoica, miéntras que en México aparecen entre las emisiones metalíferas que han caracterizado casi el final de las acciones del gran período basáltico.

Es muy de notar que el estaño, casi siempre relacionado en Europa á los granitos paleozoicos de mica blanca, y que en la Isla de Elba lo está con las liparitas granitoides, se encuentra en el país claramente ligado á las emanaciones hidro-termo-minerales que siguieron casi al concluir el gran movimiento orogénico de emersion de nuestro territorio.[1]

1 Véase un interesante resúmen sobre los criaderos estanníferos en *A. de Lapparent*, *Traité de Géologie.* Paris, 1883, p. 1172.

En la cumbre del Cerro de la Boquilla, 10 ó 12 kilómetros al Norte de la villa de San Felipe, del Estado de Guanajuato, en terrenos de la hacienda de San Pedro Almoloyan, se encuentran vetillas de estaño en explotacion con hierro oligista, que yo he visitado, encerradas entre los metapórfidos engendrados por el basalto.

El cinabrio de las montañas de Guanajuato casi siempre está asociado al cuarzo comun ó al opalífero tiñendo su masa, y además de presentarse entre los acarreos, se encuentra en criaderos filonianos, las más veces de corto trayecto y más ó ménos ramaleados. El orígen hidrotermal de esta especie metálica no puede desconocerse, y en esta localidad ha venido en muchos casos anexa á la accion cuarcificante; por consiguiente aparece tambien irregularmente en tramos aislados tiñendo á los metapórfidos, disperso finamente en su masa ó aislándose entre sus comisuras.[1]

La veta, de cinabrio, de San Juan de la Chica, dice Humboldt, tiene dos ó tres y hasta seis metros de ancho; atraviesa la montaña de los Calzones y se extiende hasta Chichíndaro (al Noroeste de Santa Rosa). Sus minerales son ricos en extremo, pero poco abundantes; he visto masas de mercurio sulfúreo compacto y fibroso, de un rojo vivo, de veinte centímetros de largo y tres de grueso, y las muestras se parecian en su pureza á los productos más ricos de Almaden y Wolfstein en Europa. El laborío de la mina de la Chica no ha llegado todavía sino á 50 metros de profundidad; se encuentra (y es un hecho geológico muy notable), no en la arenisca ó en la pizarra, sino en un verdadero *pechstein-porphyr* (vitriófido) dividido en bolas de capas concéntricas, cuyo interior está tapizado de hyalita arriñonada [*müllerisch-glass*]. Algunas veces se observa el cinabrio y un poco de mercurio en medio de la roca porfirítica á bastante distancia de la veta." Más adelante agrega: "El cinabrio que se saca de las vetas de la mon-

1 Véase lo que respecto de las minas de mercurio de las cercanías de Guanajuato dice Humboldt: *Ensayo Político sobre Nueva España.* Traduccion castellana. Paris, 1827; tomo III, p. 199.

Véase tambien el interesante opúsculo del profesor D. Antonio del Castillo: *Memoria sobre las minas de azogue de América.* México, 1871, p. 23. Esta Memoria está incluida en *La Naturaleza*, periódico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo II. México, 1874.

taña del Fraile, cerca de la villa de San Felipe, se halla en un pórfido con base de piedra córnea, el cual, hallándose labrado de vetas de estaño, es sin duda más antiguo que el *pechstein-porphyr* de la Chica."

He visitado estos criaderos mencionados por Humboldt y los considero como claramente relacionados al mismo período de formacion, derivado de las acciones de detalle que han caracterizado el final del gran período basáltico mexicano. Segun lo que expresé en el capítulo anterior, el *vitriófido* y el pórfido metamórfico en capas con base de sílex córneo, no son más que las manifestaciones en diferentes grados de energía de la misma accion basáltica, á veces simultánea.

La explotacion no ha podido hasta ahora sistemarse en escala en estas regiones, por el bajo contenido general del cinabrio enmedio de grandes masas de roca.

Algunas vetillas con chalcopirita y panabás se encuentran dispersas en las mismas montañas, pero en tales condiciones, que su explotacion no ha sido hasta ahora costeable, ni aun como magistral para el beneficio de patio.

El profesor guanajuatense D. Vicente Fernández dió á conocer la presencia del bismuto en la mina de Santa Catarina, en la Sierra de Santa Rosa, cerca del Rancho de Quinteros, en una especie mineralógica nueva que nombró *Guanajuatita*, cuya composicion química corresponde á un sesquiseleniuro de bismuto. Yo he tenido lugar de examinar muestras de bismuto en estado metálico nativo y en el de ocre procedentes de la serranía guanajuatense.

Este metal parece no ser escaso en el país: entre las grietas de los metapórfidos de las cercanías de la ciudad de San Luis Potosí, se presenta bajo la forma de *bismutita*, clasificada por el profesor D. Antonio del Castillo y analizada por el Sr. Frenzel de Freiberg.[1] Se encuentra, segun mis propias observaciones, enmedio de una matriz arcillosa que manifiesta indicios de plata: el metapórfido aparece surcado por diques de vitriófido de base negra con muy abundantes incrustaciones de olivino amarillo: las invaciones silicíferas hidrotermales se manifiestan aquí como contem-

1 *La Naturaleza*, periódico científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Tomo III. México, 1876, página 92.

poráneas del estaño arriñonado y de los cristales de topacio, y como último fenómeno se encuentra el bismuto acompañado por óxido de hierro, diseminado en una masa arcilificada por las mismas acciones hidrotermales.

He tomado todo el conjunto de los criaderos guanajuatenses, exceptuando únicamente los de galena pobre en plata, que parecen referirse á la liparita granitoide, como ligado á las grandes manifestaciones basálticas, caracterizadas en este país por el abundante desarrollo de acciones hidrotermógenas é hidrotermales, cuyas marcadas huellas se encuentran definidas en los variados fenómenos de metamorfismo y en los diversos criaderos metalíferos.

Los estudios de detalle vendrán á darnos á conocer el órden de antigüedad de estos diversos criaderos, y como una simple apreciacion manifestaré, que los de estaño, cinabrio y bismuto me han parecido los más modernos de la serie. Labrando con frecuencia y con irregularidad los primeros la masa de los metapórfidos, y arrastrados los detritus de esta roca por las aguas pluviales, es consiguiente que entre los actuales acarreos desprendidos apénas de las montañas, se asocien los riñones de estaño con los de cinabrio. Parece, sin embargo, que en lo general en Guanajuato el estaño precedió al mercurio, y ambos metales surgieron con posterioridad á la formacion de las vetas auro--argentíferas, como fenómenos de detalle relacionados á las decrecientes y sucesivamente interrumpidas acciones basálticas; acciones cuyo final definitivo en la República Mexicana vino á presentarse hasta el período cuaternario. La presencia del cinabrio bien definido y en corta escala en la veta argentífera de Mexiamora, en la region minera de La Luz, citada con anterioridad, es pues, de considerarse hasta ahora como del todo excepcional.

Antes de concluir este capítulo, insistiré una vez más en recalcar la naturaleza tan particularmente metalífera de las emisiones de detalle posteriores á las poderosas acciones basálticas del país. Si los rasgos principales de la accidentacion y de la configuracion física de nuestro territorio se deben á las poderosas acciones orogénicas desarrolladas en ese período, su riqueza metalífera casi en la totalidad proviene del principal reposo de tan notable época. Estas manifestaciones variadas y complexas parecen presentarse

de preferencia en las regiones de contacto de las formaciones de diversa antigüedad, y en aquellos sitios *de escalonado metamorfismo*, en que la energía basáltica ni ha sido tan intensa de trasformarlo todo en un basalto más ó ménos definido, ni tampoco sus acciones han sido tan lejanas que hayan dejado de afectar á las rocas preexistentes. Pudiera decirse que son sitios de *metamorfismo irregular*, supuesto que el terreno se encuentra profundamente afectado en unos tramos, moderadamente en otros y en algunos apénas modificado. ¿Esta heterogeneidad en la masa de la roca, que ciertamente le ha impreso variable resistencia á la fractura, no habrá influido para facilitar el agrietamiento de la comarca y determinar la formacion de los agrupamientos de vetas? En la mayor parte de nuestros distritos argentíferos las rocas fragmentarias de sedimento tienen unos trayectos en que se puede reconocer su naturaleza y su estratificacion, y otros en que el metamorfismo ha borrado en ellas los caracteres sedimentarios.

---

## CAPITULO IV.

Apuntes históricos relativos al descubrimiento de las minas de Guanajuato y á la fundacion de la ciudad.—Onerosos gravámenes fiscales sobre los metales preciosos, y consecuencias benéficas de la diminucion de estos gravámenes. —Notas históricas sobre algunas de las principales minas y sobre algunos personajes de importancia en la industria minera.—Notas sobre la ciudad y sobre algunos acontecimientos notables.—Censo de la ciudad y del Distrito minero.

Los escasos habitantes que ocupaban ántes de la conquista el que hoy es Estado de Guanajuato, pertenecian en su mayor parte á las tribus casi bárbaras de los Otomíes, Guachichiles y Pames, denominados todos por los historiadores con el nombre genérico de Chichimecas. Los primeros tenian por capital Yuriria-púndaro y vagaban por los terrenos que despues fueron de Celaya, Salamanca, Silao, Guanajuato, San Miguel, San Felipe y Dolores,

y segun el Dr. Romero,[1] en Acámbaro habia ántes de la conquista algunas chozas de indios Tarascos, en Pénjamo una aldea de Guachichiles y en Xichú una reunion de Pames. Se sabe además que existian las aldeas de Coynan, Cuitzeo, los Ayos, Guastatillos y la de Quanashuato ó Guanajuato.[2]

Conforme iban abandonando el terreno esas tribus vagabundas y guerreras, los conquistadores españoles procuraban establecer colonias de Mexicanos y Tlaxcaltecas, para que se entregaran á la labranza agrícola.

La importante ciudad de Guanajuato está situada no léjos del sitio que ocupaba la aldea Chichimeca llamada "Quanashuato," que en idioma tarasco significa *lugar montuoso de ranas;*[3] aldea que desapareció con la retirada de sus indómitos moradores, que prefirieron más bien abandonar sus hogares que sujetarse al dominio de los conquistadores españoles; quienes con Nuño Beltran de Guzman [primer gobernador de la entónces reciente Nueva España y Presidente de su primera audiencia] á la cabeza de ellos y de las huestes indígenas aliadas, llegaron á esta localidad en Diciembre de 1529. Los habitantes, á falta de elementos para combatir á los invasores, recibieron á éstos pacíficamente en lo ostensible; pero despues se marcharon para la Sierra Gorda, con objeto de reunirse á los de su tribu, á fin de oponerse á los conquistadores bajo mejores condiciones de resistencia.

La serranía guanajuatense que quedó desierta, y las llanuras y comarcas circunvecinas, atravesadas de vez en cuando por los conquistadores y sus aliados, permanecieron varios años á merced de las tribus errantes chichimecas, hasta que el primer traficante que introdujo á la Nueva España el uso de las carretas ti-

1 *Noticias para formar la Historia y la Estadística del Obispado de Michoacan, presentadas á la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en* 1860, *por su socio de número el Sr. Dr. D. José Guadalupe Romero, en el Boletin de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, tomo IX, pág. 85.

2 *Efemérides guanajuatenses, ó datos para formar la Historia de la ciudad de Guanajuato, obra escrita con presencia de los más auténticos é interesantes documentos, por el Presbítero Lucio Marmolejo. Guanajuato*, 1883. Tomo I, pág. 118.

3 Véase la interesante disertacion que con motivo de este asunto se encuentra en la obra: *Efemérides guanajuatenses*, tomo I, pág. 116 y siguientes: de ella he tomado los datos que figuran en estos párrafos.

radas por bueyes, en el único camino que entónces existia para la indispensable comunicacion con la metrópoli española, de Veracruz á México, San Sebastian de Aparicio, en 1542, se resolvió á trasladar sus trenes de trasporte para caminar hácia el interior del territorio, abriendo á este efecto, á fuerza de trabajo, de tiempo y de constancia, las brechas necesarias entre los bosques solitarios para el paso de sus carretas, arrostrando los peligros consiguientes de ser atacado por las tribus bárbaras.

"Por esta época—en 1546—dice el Sr. Marmolejo,[1] el primer Virey de México D. Antonio de Mendoza, hace donacion á D. Rodrigo Vázquez del sitio que hoy ocupa la ciudad de Guanajuato, el cual, con el alzamiento de los chichimecas, se habia convertido en una Sierra espesa y despoblada; siendo esta donacion una recompensa otorgada al agraciado, por sus servicios prestados en calidad de conquistador."

"A los veintiseis años de la entrada de Cortés en México—dice el notable naturalista mexicano D. José M. Bustamante,[2]—esto es el de 1546, el 8 de Setiembre llegó el capitan Juan de Tolosa al pié de la serranía de Zacatecas, sin grande obstáculo de parte de los naturales: no dilató mucho en conocer las grandes riquezas que contenia, y excitó á sus compañeros y amigos Baltazar Temiño de Bañuelos, Cristóbal de Oñate y Diego de Ibarra, á que se establecieran con él en aquel país. Efectivamente, se reunieron, y el 21 de Marzo de 1548 descubrieron la mina de Alvada[3] sobre la Veta Grande: el 11 de Junio del mismo año la mina de San Bernabé, y el 1º de Noviembre los Tajos de Pánuco. Seguramente fueron muy rápidos los progresos de la minería y poblaciones

1 *Efemérides guanajuatenses*, tomo I, pág. 143.

2 *Descripcion de la Serranía de Zacatecas formada por J. M. Bustamante en* 1828 *y* 1829, *y aumentada por C. de Berghes.* Publicada en 1834 y reimpresa en Zacatecas en 1883, pág. 12.

3 Esta mina que hoy está comprendida en las pertenencias de la Negociacion de Veta Grande, fué trabajada por Fernando Cortés muy al principio de su descubrimiento, y seguramente una de las antigüedades más curiosas que existen relativas al ramo de minería, son las memorias de sus gastos semanarios y los de la fundicion que le era anexa. Estos preciosos documentos se hallan en el archivo de la casa del Estado. Véase la interesante exposicion hecha á la Cámara de Diputados del Congreso General por D. Lúcas Alamán como apoderado del Duque de Terranova, relativa á las propiedades que están á su cargo, pág. 25, nota 9, impresa en México.—*Nota de Bustamante.*

en los primeros cuarenta años, cuando por el de 1588 ya se le concedió el título de muy noble y leal ciudad, á peticion de Baltazar Temiño, y se le dió escudo de armas.[1] Guanajuato tuvo primero el título de villa concedido el año de 1619, esto es, á los sesenta y cinco años de haberse comenzado á edificar; el de ciudad en 1741 ó ciento veintidos años despues."[2]

San Sebastian de Aparicio consiguió llegar con sus carretas á las minas de Zacatecas, que desde el orígen se hicieron notables por su riqueza. Al tráfico establecido entre México y Zacatecas se debe el primer descubrimiento de la veta de San Bernabé, [que es la continuacion de la de la Luz, célebre á mediados del actual siglo], situada sobre la serranía guanajuatense. El Sr. Marmolejo y el Dr. Romero fijan su descubrimiento en el año de 1548;[3] pero estimo como muy improbable este hecho, supuesto que apénas se acababa de descubrir Zacatecas, y de consiguiente el tráfico entre sus minas y México estaba en principio ó por establecerse, y sobre una distancia de 700 kilómetros, necesariamente era muy lento, á paso de buey, en convoy y con las precauciones necesarias para no ser sorprendido por las guerrillas de salvajes.

Con objeto de esclarecer la fecha précisa del descubrimiento de las minas de Guanajuato, por muy respetables conductos he acudido á los archivos públicos de Yuririapúndaro, en cuya poblacion, que era la más próxima en la que habia oficio público, fue-

1 De acuerdo con el opúsculo titulado: "*Descripcion breve de la muy notable y leal ciudad de Zacatecas por D. José de Rivera Bernardez, Conde de Santiago de la Laguna,*" impreso en México en 1732, y reimpreso en Zacatecas en 1883, pág. 28, se le otorgó al Real de Zacatecas el título de *Ciudad de Nuestra Señora de los Zacatecas* por cédula real de Octubre 8 de 1585, dada en Monzon. "Por la de 20 de Julio de 1588, dada en San Lorenzo, se le concedió merced de blason y armas con el escudo que arriba va explicado. Por otra de la misma fecha con vista del Real y Supremo Consejo de Indias, se le intituló á esta Ciudad de Nuestra Señora de los Zacatecas, muy noble y leal para que así perpetuamente se denomine." Concordando el párrafo trascrito de Bustamante con lo que se refiere en el opúsculo citado del Conde de la Laguna, página 21, se comprende que en el de Bustamante hay errores de imprenta que me fué preciso subsanar.

2 Se elevó á la categoría de ciudad á los 187 años de su fundacion.

3 *Efemérides guanajuatenses*, tomo I, pág. 144. *Noticias para formar la Historia y la Estadística del Obispado de Michoacan, presentadas á la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística en* 1860, *por su socio de número el Sr. Dr. D. José Guadalupe Romero.* México, 1862, pág. 92.

ron denunciadas y registradas las primeras minas guanajuatenses; pero desgraciadamente en la guerra de Independencia los insurgentes destruyeron completamente los archivos públicos, y no es posible por consiguiente adquirir dato alguno á este respecto. Para lograrlo, seria preciso acudir en México empeñosamente al archivo del Vireinato.

Los Sres. Humboldt,[1] Dr. Romero, y Marmolejo,[2] consignan la tradicion de que el descubrimiento de las vetas de Guanajuato se debió á la de San Bernabé, que fué la primera reconocida casualmente por unos arrieros que caminaban de México á Zacatecas; en consecuencia, el descubrimiento se efectuó probablemente entre fines de 1548 y principios de 1550.

El Sr. Marmolejo, bajo el año de 1548, presenta la siguiente nota: "En este año tiene lugar el memorable suceso de haberse descubierto la primera veta de plata del Mineral de Guanajuato, llamada de San Bernabé, cuyo hecho se verificó de la manera siguiente:

"Caminaban unos arrieros de México para las minas de Zacatecas, que muy poco tiempo ántes habian sido descubiertas y comenzadas á trabajar, é hicieron alto, no léjos del cerro del Cubilete, en un lugar comprendido hoy en las pertenencias de la mina de la Luz, con objeto de tomar allí descanso y alimento: encendieron fuego, y en derredor pusieron algunas piedras para colocar encima los comestibles que se proponian preparar, encontrando al tomarlas, que contenian una no despreciable ley de plata: sorprendidos con tal acontecimiento, cavaron un poco el terreno donde estaban las piedras, y hallaron que por allí pasaba una veta que prometia los más pingües productos á los que se dedicaran á su laborío. Participaron su descubrimiento á unos españoles aventureros que deseaban trabajar minas; y, unos y otros de acuerdo, pusieron á la veta el nombre de San Bernabé, y la denunciaron en Yuririapúndaro, que era el pueblo más cercano donde habia oficio público y registro de minas é hipotecas."

Continúa despues, bajo el año de 1550, con la siguiente: "Es descubierta la riquísima y célebre mina de San Juan de Rayas, que tanto debia despues influir en la prosperidad de Guanajuato.

1 *Ensayo Político sobre Nueva España.* Traduccion castellana. Paris, 1827, tomo III, pág. 37.
2 *Efemérides guanajuatenses*, tomo I, pág. 144.

"Su descubridor, lo mismo que los de San Bernabé, fué un arriero que dió á la mina su propio nombre, pues se llamaba Juan de Rayas,[1] el cual, despues de haberla trabajado por algun tiempo, la vendió á Diego de Ahedo y socios. Ambos usaron todavía para su laborío del método llamado de lumbradas, pues ignoraban la aplicacion de la pólvora en el cohete ó barreno, que se introdujo algunos años despues por el tercer dueño, D. José de Sardaneta y Legaspi.

"Hablando de la prosperidad á que llegó en manos de este nuevo propietario, se expresa así el Diccionario Universal de Historia y de Geografía [tomo VI, pág. 829]. "Si esta remota antigüe-"dad le daba una merecida celebridad á la mina, mayor adquirió "con su nuevo dueño, inteligente y emprendedor minero, y á "quien este ramo de prosperidad nacional debe adelantos impor-"tantes y debidamente encomiados. Bajo su direccion la mina de "Rayas logró un nombre, segun se expresa en un escrito de prin-"cipios del siglo pasado, célebre en América y Europa; y mereció "tanto la atencion del rey de España, tan solícito en el ramo in-"teresante de minería que le constituyó un juez privativo, que no "tenia ninguna otra mina, ni aun de las más notables."

Despues, al referirse al año de 1554, se expresa de esta manera: "Fundan los españoles la actual ciudad de Guanajuato.

"Desde el año de 1548, en que fué descubierta la primera veta de plata en los contornos de este lugar, es muy probable que se hayan construido algunas pequeñas casas, en donde se albergaran los pocos individuos que comenzaron á trabajar en ella y en algunas otras; pero, sin embargo, la fundacion oficial, digamos así, sólo se cuenta desde 1554, porque en este año fueron establecidos los reales ó campamentos, que se consideraron indispensables para la defensa de la poblacion, constantemente amagada por los chichimecas y guachichiles.

"Se le dió el nombre de real de minas, lo mismo que á los otros minerales, que por entónces fueron descubiertos en el país, no en el sentido de que fuera pertenencia del Rey, como algunos equivocadamente han entendido, sino en el de que era un sitio donde se levantaba un fortin ó campamento de tropas.

1 El verdadero apellido de este descubridor era Raya; pero nadie lo conoce, lo mismo que la mina, sino con el nombre de Rayas.—*Nota de Marmolejo.*

"Los fortines establecidos en Guanajuato fueron cuatro: uno estuvo en Marfil, el cual progresó medianamente, habiéndose formado al derredor de él la poblacion que lleva su nombre, y que ya no es hoy otra cosa, que un suburbio de la capital: se llamó Real de Santiago, y se le agregó poco despues la denominacion de Marfil, única con que es ya conocido, por ser este el apellido del propietario de la primera hacienda de beneficio que allí se construyó; lo cual consta en los títulos de la hacienda de Cuevas, expedidos en 1561. Otro fortin estuvo en Tepetapa, y éste no adelantó sino al cabo de muchos años, que completamente absorbido por la ciudad, vino á formar una misma cosa con ella. El tercero fué colocado en Santa Ana, y sobre él se fijaron por entónces todas las miradas, porque era, segun se dice, el destinado para cabecera y centro del mineral. El último, en fin, situado en la falda del cerro del Cuarto, progresó de una manera admirable, y fué el orígen de la vasta ciudad, objeto de nuestras investigaciones.

"Quién haya sido la persona ó autoridad que llevó á efecto la ereccion del mineral, parece cosa muy difícil de averiguar, supuesto el extravío de los antiguos archivos, donde seguramente debieron encontrarse las actas de fundacion; sin embargo, nosotros creemos poder afirmar que lo fué el Lic. D. Antonio de Lara y Mogrovejo, oidor de la Real Audiencia de México, quien recibió para ello expresa comision del gobierno vireinal."

"El primer fortin, dice el Dr. Romero, estuvo en Marfil: despues se levantó otro en Tepetapa, y desde ambos salian los operarios á explotar las minas de Mellado y Rayas, que fueron las primeras que se trabajaron formalmente."

El primer templo edificado en estas comarcas fué el del hospital de indios tarascos, en 1554, templo hoy arruinado, sirviendo su atrio únicamente para las inhumaciones, en el fortin de Santa Ana, y en 1555, se estableció en el fortin que despues se llamó "Santa Fé y Real de Minas de Guanajuato," la capilla perteneciente á los indios otomíes, que hoy, abandonada, se encuentra incrustada en los edificios situados entre el templo de la Compañía y el Colegio del Estado. Estas fundaciones de hospitales para indígenas se ejecutaron en estas regiones, así como en toda la diócesis, conforme á las sabias y humanitarias prescripciones del Sr. D. Vasco de Quiroga, primer Obispo de Michoacan.

En 1556, segun el Sr. Marmolejo,[1] de cuya obra he tomado los datos que anteceden: "Juntamente con el hospital, erigen los mexicanos su respectiva Iglesia, que hoy, magníficamente reformada, sirve de capilla al Colegio del Estado."

La ereccion de cuatro hospitales en Guanajuato por aquella época, pertenecientes á las tribus de mexicanos, tarascos, otomíes y mazahuas, además del de Santa Ana y el de Marfil, indica la afluencia de indios á la comarca para ocuparse en las minas y en el tratamiento metalúrgico, como las fuentes principales de trabajo que desarrollaban la naciente poblacion.

Este es el compendio de las principales noticias que se tienen relativas á la fundacion de la actual ciudad de Guanajuato, cuyo orígen, como el de casi todas nuestras poblaciones mineras, se debe al descubrimiento y explotacion de sus vetas. Su desarrollo al principio fué muy lento, pues segun el Dr. Romero,[2] en 1600, es decir, cuarenta y seis años despues de su orígen, cuando ya Zacatecas fundado un poco ántes tenia el título de ciudad, apénas contaba Guanajuato con cuatro mil habitantes.

El 1570, dice el Sr. Marmolejo,[3] "El Excmo. Sr. D. Martin Enríquez de Almanza, cuarto Virey de la Nueva España, visita por este tiempo las minas de Guanajuato, que habian tomado notable incremento; pero que se encontraban á la vez, frecuentemente amagadas por incursiones de los chichimecas y guachichiles, que más de una vez habian pretendido quemar la poblacion. Se dice que este Virey, al verificar este viaje, trajo consigo una gran cantidad de semillas del árbol del Perú, para propagarlo por el interior del país; y que él mismo, desde su carroza, arrojaba dichas semillas á ambos lados del camino."

"El mismo Virey, en atencion á ese peligro que corrian las minas de Guanajuato, por las incursiones de los bárbaros, marcha personalmente á perseguirlos, aunque sin obtener por entónces ninguna victoria decisiva; y funda el presidio de la villa de San Felipe, para defensa permanente de las expresadas minas."

En Enero 16 de 1576, se funda la ciudad de Leon, para la de-

1 *Efemérides Guanajuatenses*, tomo I, pág. 154.

2 Noticias citadas en el *Boletin de la Sociedad de Geografía y Estadística*, tomo IX, pág. 93.

3 *Efemérides guanajuatenses*, tomo I, pág. 170.

fensa contra los chichimecas, del Real de Santa Fé y Minas de Guanajuato.[1]

"En 1598, dice el Sr. Marmolejo,[2] se someten por fin los chichimecas al Evangelio y al Rey de España, no por la fuerza de las armas, sino por la dulzura de la predicacion evangélica; y las minas de Guanajuato quedan libres del continuo peligro en que se hallaban de ser asaltadas."

"Los Chichimecas, dice el Dr. Romero,[3] disputaron al gobierno español sus terrenos con admirable constancia é intrepidez: defendieron el suelo palmo á palmo por el espacio de setenta años, hasta que al fin el general D. Rodrigo del Rio, en nombre del monarca, hizo las paces con estas tribus belicosas el año de 1598, obligándose el rey á darles de comer y vestir, y los indios á reducirse á la obediencia y á prender á los inquietos y revoltosos: se dió por el gobierno tal importancia á estas paces, que del Rio fué condecorado con el hábito de Santiago."

Así, pues, en fines del siglo XVI, el Real de Santa Fé se vió libre de las zozobras constantes consiguientes al asedio de las tribus bárbaras, y el tráfico entre estas minas y la capital de la Nueva España pudo efectuarse sin las rémoras provenidas del terrible amago de los salvajes.

"El 1619, dice el Sr. Marmolejo:[4] El Real de Santa Fé habia adquirido ya, por esta época, un notable incremento, y las minas de su distrito producian pingües utilidades, por cuya razon, el Rey Felipe III le concede en esta fecha el título de noble y leal Villa de Santa Fé, Real y minas de Guanajuato, otorgándole juntamente escudo de armas que la ennobleciera; el cual consistia en la estatua de la Fé, reposando sobre unas montañas, y colocada en el centro de un óvalo, caprichosamente adornado, cuya parte superior remataba con la corona real."

En 1700 la poblacion de la Villa ascendia á diez y seis mil habitantes, y en Diciembre 8 de 1741 expide Felipe V el título de muy noble y muy leal ciudad á favor de la villa de Santa Fé de Guanajuato, exponiendo, entre otros fundamentos, que "la

1 *Efemérides guanajuatenses*, tomo IV, pág. 476.
2 Obra citada, tomo I, pág. 182.
3 Escrito citado: *Boletin de la Sociedad de Geografía y Estadística*, tomo IX, pág. 86.
4 *Efemérides guanajuatenses*, tomo I, pág. 188.

mencionada Villa se compone de más de treinta mil personas, con las que residen en las Minas."[1]

En 1800, dice el Sr. Marmolejo:[2] "La poblacion de Guanajuato era en este año, segun el Dr. Romero, de 66,000 habitantes; de que se infiere que, respecto á la que habia en 1700, se habia cuadruplicado, habiendo todavía un excedente de 2,000 habitantes sobre el cuádruplo exacto; y que respecto á la del año de 1600 se habia hecho 16 y ½ veces mayor. Este resultado aparece sujetándonos aquí al cálculo del mencionado Romero, como lo hemos hecho á la conclusion de los siglos XVI y XVII; pero nosotros creemos este cálculo demasiado bajo, pues varios documentos oficiales, de los que algunos hemos insertado ántes, conceden á la Ciudad de Guanajuato un censo de 80 y aun de 100,000 almas."

El tantas veces repetido Sr. Marmolejo, para concluir su obra, escribió los siguientes interesantes párrafos que consignan el resúmen histórico de Guanajuato, desde ántes de la conquista hasta la época actual.[3] "Si dirijimos una mirada comparativa entre el principio y el fin de nuestro libro, hallarémos los contrastes más satisfactorios que nos harán patentes los gigantescos pasos con que ha marchado esta ciudad por la senda del verdadero progreso: en vez de un grupo de salvajes incultos, encontrarémos el magnífico aspecto de una sociedad esmeradamente civilizada: en lugar de una Sierra espesa y despoblada, hallarémos una Capital con soberbios palacios, con suntuosos templos, con deliciosos paseos: á los supersticiosos adoradores de las ranas, habrán sustituido los fervientes hijos de la Iglesia Católica, poseedores de la verdad, que tributarán al Señor un culto espléndido: si empezamos por hablar de chichimecas indómitos que vivian de la caza y que andaban desnudos, concluimos con describir la inauguracion de un ferrocarril: y en fin, la pobre aldea de Quanaxhuato que pasaba casi desapercibida por cuantos vivian fuera de ella, hoy los torrentes de plata que han producido sus minas, se han extendido por todos los países del mundo y han formado el objeto de su admiracion.

"En el siglo XIV, el sitio que hoy ocupa la ciudad era una sel-

1 Véase la descripcion y texto de este curioso documento en las *Efemérides guanajuatenses*, tomo II, pág. 50.
2 *Efemerides guanajuatenses*, tomo II, pág. 345.
3 *Efemerides guanajuatenses*, tomo IV, pág. 463.

va formada con seculares encinos, poco ménos que inaccesible para los séres humanos, en donde reinaba un perpetuo silencio interrumpido sólo por el rugido de las fieras que habitaban en ella, ó por el bramido de los huracanes; mas para el hombre permanecia casi desconocida, habiendo cuando mucho merecido alguna mirada de los toltecas ó de los aztecas en sus peregrinaciones, ó alguna rápida visita de los salvajes chichimecas, cuando buscaban caza para alimentarse.

"En el siglo XV los mismos chichimecas fijan allí sus ojos porque encuentran en una de las montañas un enorme peñasco que semejaba la figura de una rana, cuyo animal era uno de los númenes á quienes ellos tributaban de preferencia sus supersticiosas adoraciones; y á pesar de ser nómades, forman una pequeña aldea al derredor del peñasco, así como habian formado algunas otras. Los mexicanos y los tarascos intentan derrotarlos, pero si bien penetran violentamente hasta sus hogares, tienen luego que retroceder derrotados.

"Llega el siglo XVI, y con él viene la conquista de México por los españoles; los cuales sólo intentan avanzar sobre los chichi, mecas despues de ocho años de haberse apoderado de la gran Tenoxtitlan. Llegan á Quanaxhuato mandados por el célebre Nuño Guzman, y como sus habitantes no tienen fuerza suficiente para resistirlos, los reciben de paz; pero abandonan sus hogares, sin dejar ni aun vestigio de sus antiguas chozas, y se retiran hácia la Sierra Gorda, donde juntamente con los demas de su tribu hacen á los españoles una guerra sin tregua durante 70 años, sometiéndose al fin no tanto por la fuerza de las armas, cuanto por la predicacion de los misioneros. Celebran un tratado de paz con el gobierno español, y para memoria de tal suceso se funda una poblacion que se llamó San Luis, en honor del Virey D. Luis de Velazco, que gobernaba entónces la Nueva España, agregándosele la denominacion de la Paz.

"Habia, pues, desaparecido la aldea de Quanaxhuato, pero no para siempre: 19 años despues de su conquista por Nuño de Guzman, ella renace de sus propias cenizas y se levanta lozana y vigorosa. Unos aventureros descubren los veneros de plata que encierran sus montañas, y el cebo de la riqueza atrae en torno numerosos pobladores: el mismo gobierno vireinal imparte protec-

cion á los explotadores; y se establecen cuatro Reales ó campamentos para difundir la naciente poblacion, uno en el cerro del Cuarto, otro en Tepetetlapan, otro en Marfil y otro en Santa Ana y aun el monarca español, al saber el descubrimiento de las ri quísimas minas de Guanajuato, manda para patrona del nuevo Mineral, la prodigiosa imagen de María que por ocho siglos estuvo oculta en Santa Fé de Granada, por cuya razon el nuevo Mineral recibió tambien el nombre de Santa Fé.

"Los chichimecas trataron de incendiarlo más de una vez, apareciendo por el puerto donde ántes estuvieron sus habitaciones, por cuya razon el cerro allí situado se denomina hasta hoy "Cerro del Meco;" pero sin embargo, el Real de Santa Fé progresó en gran manera, se estableció en él una alcaldía mayor, cuya jurisdiccion comprendia las congregaciones de Irapuato y de Silao, se fundaron los Curatos del centro, de Santa Ana y de Marfil, se fabricaron varias capillas, las minas producian frutos considerables, el caserío se extendió notablemente, y llegó la poblacion á 4,000 habitantes.

"Esta era la situacion de Guanajuato al dar principio el siglo XVII. Durante todo éste, continuó progresando notablemente, aunque no con la rapidez que en los siguientes, y el rey, en atencion á estos progresos le concede el título de noble y leal Villa de Santa Fé, real y minas de Guanajuato, con un escudo de armas que la ennobleciera: las minas progresan en gran manera, singularmente Rayas, Mellado, Cata y Sirena, y la Villa se extendió por las calles de Sopeña y San Pedro, puntos que ántes habian permanecido despoblados: se fundó el primer monasterio que hubo en la poblacion, que fué el de franciscanos descalzos, ó sea San Diego, se levantó el magnífico templo Parroquial, y se construyeron otros varios edificios de importancia, ascendiendo los habitantes de la Villa al número de 16,000.

"Pero cuando llegó Guanajuato á un grado sorprendente de riqueza y de prosperidad, fué en el trascurso del siglo XVIII. Desde los primeros años hallamos descripciones de fiestas verdaderamente magníficas celebradas en la ciudad, que bien demuestran los avances de su ilustracion. Los religiosos belemitas, los jesuitas, los franciscanos observantes, los mercedarios y los felipenses fundan casas de sus respectivas órdenes, siendo la de los

jesuitas singularmente magnífica y la festividad de la dedicacion del soberbio templo tan espléndida, que llamó la atencion de toda la Nueva España: el caserío se extiende en todas direcciones, se construyen elegantes y nuevos edificios, y se dedican otros varios templos á más de los mencionados: se fabrican las presas de la Olla y de los Pozuelos que surten á la poblacion de agua potable: se concede á la Villa por el rey Felipe V, el título de muy noble y muy leal ciudad, y en seguida se sublima á la categoría de Capital de la Provincia: se hacen rebajes y atierres, se construyen puentes y se ejecutan otras obras costosas y difíciles para darle amplitud y comodidad; la autoridad diocesana dispone que la Parroquia del Centro sea gobernada por tres Curas para que puedan atender convenientemente á sus numerosísimos feligreses: muchas minas dan productos de tanta cuantía que asombran á la Europa, y entre ellas aparece Valenciana, descubierta á mediados del siglo, cuya riqueza sobrepujó á la de todas las explotadas en el mundo: se plantean escuelas de primeras letras y se erige el célebre colegio de la Purísima Concepcion, que comenzó desde entónces á producir sabios entre sus alumnos: todo, en fin, era riqueza y todo prosperidad, habiendo llegado á subir la poblacion hasta la elevada cifra de 100,000 almas.

"En tal estado de grandeza encontró á Guanajuato el siglo XIX, llamando la atencion de los más ilustres viajeros, como del Baron de Humboldt, que le prodiga en sus obras tan honoríficos como justos elogios, y aún continuó progresando en el primer decenio, durante el cual se construyó el soberbio edificio de Granaditas, se introdujo la vacuna como preservativo contra las viruelas, en vez de la inoculacion: el colegio de la Purísima tomó gran incremento, se mandaron al rey cuantiosísimos donativos, que demostraban la opulencia de la ciudad, y se celebraron fiestas espléndidas, como la jura de Fernando VII y la recepcion del Virey Iturrigaray.

"Mas estaba dispuesto que espesas sombras vinieran á eclipsar todo este brillo, y que Guanajuato apurara irremediablemente un cáliz muy amargo, si bien para volver más tarde á lucir como el sol cuando ha pasado la tempestad.

"Como un presagio de su próxima ruina, tuvo lugar en 1808 la destruccion de la soberbia basílica de la Compañía; y en 1810 re-

suena en sus montañas por la vez primera el solemne grito que proclamaba la independencia de la patria. Este grito fué el principio de una fiera lucha de once años: las huestes insurgentes ocupan esta Capital despues de una señalada victoria, pero siguen á ésta el robo y el pillaje en espantosas proporciones: vienen luego los ejércitos reales ansiosos de venganza, y entran á la ciudad á sangre y fuego, amenazando no dejar en ella piedra sobre piedra; tales escenas se repiten una y otra vez, los capitales desaparecen, el comercio concluye, las familias acomodadas emigran, el trabajo de las minas se paraliza, y sólo queda, por decirlo así, el cadáver de la opulenta Guanajuato, habiéndose reducido á 6,000 habitantes los 100,000 con que ántes se enorgullecía.

"Pero luce por fin la aurora de la independencia, se rompen para siempre los lazos de vasallaje que por tres largos siglos nos ligaron con España, y Guanajuato comienza poco á poco á levantarse de su honda postracion, á pesar de las discordias intestinas que no han cesado desde entónces de desgarrar el seno de la patria.

"El Colegio de la Purísima Concepcion se levanta bajo un pié más brillante que en sus épocas anteriores; se construye el camino de Marfil para dar á esta Capital cómoda entrada; se establece la Casa de Moneda de donde iban á salir centenares de millones de pesos á la circulacion, se fundan las escuelas lancasterianas y se plantea la importantísima mejora del alumbrado público.

"Pero estando para llegar á la mitad del siglo, cuando aparecieron las prodigiosas bonanzas de las minas de La Luz, de Santa Lucía, de Señor San José y otras varias, fué cuando Guanajuato emprendió de nuevo su marcha, rápida y majestuosamente por la senda de la ilustración y de la prosperidad.

"El Colegio del Estado llegó á sobrepujar bajo varios conceptos á todos los del país; se fundaron escuelas de artes y oficios, casas de beneficencia y otros muchos establecimientos de instruccion y de caridad, tanto por la Iglesia como por el Estado, mejorándose á la vez los que ya existian: las Hermanas de la Caridad se hicieron cargo del Hospital de Belen y del Hospicio de la Presa de la Olla, y debieron tambien recibir la Casa de Arrepentidas del Santuario de Guadalupe; se decoraron soberbiamente varios

templos y se edificaron otros enteramente nuevos, emprendiéndose tambien la reconstruccion del magnífico de la Compañía. Se plantaron jardines y paseos formándose desde sus principios la bella alameda del Cantador y haciéndose al de la Presa sucesivas é importantísimas mejoras, aun á costa de difíciles obras y de cuantiosos gastos, é improvisándose allí el más hermoso y pintoresco de los barrios de la Capital: al incómodo camino del cerro trozado se sustituyó la excelente calzada de la cañada de Marfil, y se formaron otros semejantes en los rios de Pastita, de la Cata y de San Matías; se construyeron en considerable número soberbios edificios enteramente nuevos, públicos y particulares, se introdujo á la ciudad el agua potable por medio de excelentes cañerías, se construyó el magnífico panteon que con tanta urgencia reclamaban las vecindades de la poblacion, se formaron amplias y magníficas plazas, se suavizaron las cuestas, se construyeron puentes, se ensancharon las calles, se comenzó la obra del gran teatro que sobrepujará, concluido, á todo lo magnífico que tiene la ciudad, se empezaron los trabajos de la via férrea que nos une con la vecina República del Norte, y se emprendieron, en fin, y se llevaron á cabo, tantas obras de todo género y se avanzó en todos sentidos á tan grande altura, que aun concretándose á lo más notable seria muy difícil dar de todo ello una cabal idea."

Pero si tales son las noticias que tenemos sobre la más importante de nuestras ciudades mineras, desgraciadamente sobre la historia de sus minas y las anualidades de sus productos en oro y plata, carecemos casi enteramente de datos, anteriores al año de 1766.

De esta época en adelante he consignado sus productos en el capítulo primero de este libro, siendo estos datos correspondientes al período inaugurado por las observaciones é importantes estudios financieros sobre los productos de todos los ramos fiscales de la Nueva España, del inteligente y laborioso visitador Don José de Gálvez, enviado especial de la Corte de Madrid, con amplias facultades, al que debió el giro de nuestras minas la rebaja en el precio del azogue, concedida por Real Cédula expedida en San Lorenzo el 24 de Noviembre de 1767, y la no menos importante de la rebaja de veinticinco centavos de peso en el valor de

la libra de pólvora, que anteriormente se les vendia á los mineros á un peso y de mala calidad.[1]

Puede, pues, estimarse por lo expuesto, que las vetas de Guanajuato descubiertas despues de mediados del siglo XVI, no pudieron explotarse con gran actividad durante el resto de ese siglo, supuesto el estado turbulento de estas comarcas, consiguiente á las irrupciones de los bárbaros, que además de interponer una poderosa rémora al aumento de la poblacion, y por consiguiente al de brazos para el trabajo, impedian la llegada de los materiales necesarios para el laborío de las minas y el beneficio de los frutos producidos.

Si á estos obstáculos, ciertamente graves, se agregan las dificultades y costos para el trabajo de las minas en una época en que el uso de la pólvora aún no se conocia para los barrenos, ni en las minas de Alemania;[2] época en la que naturalmente escaseaban personas entre los aventureros, guerreros y misioneros, que estuvieran familiarizados con la industria de las minas, y con las auxiliares á ella relacionadas; era consiguiente que la explotacion, así como el beneficio, no obstante haber descubierto Bar-

1 Véase en la obra que lleva por título: *Informe General que instruyó y entregó el Marqués de Sonora* (Don José de Gálvez), *siendo visitador del Reino de Nueva España al Virey Frey Don Antonio Bucarely y Ursúa, con fecha* 31 *de Diciembre* de 1771, impresa en México en 1867, lo relativo á las minas y á la pólvora, págs. 63 y 114. Respecto de Don José de Gálvez y de esta obra que acabo de citar, se expresa del modo siguiente Don Lúcas Alaman: "como visitador lo verémos creando nuevas rentas, estableciendo la administracion de cada uno de sus ramos y dando reglamentos á todos, de manera que no se sabe qué sea más digno de admiracion en este hombre extraordinario, si su actividad incansable ó el tino y acierto de sus providencias, de que él mismo da una completa idea en la instruccion que sobre todos los ramos de la visita dejó al Virey Don Antonio María Bucareli." *Historia de México.* Tomo I. México, 1849. Pág. 89.

2. La pólvora introducida á Europa por Bertoldo Schwartz, fraile aleman, al ménos en 1325, se comenzó á usar en las minas de Freiberg en 1613, [*Daubuisson, Descripcion de las minas de Freiberg*, tomo I, página 95] y en las del Harz en 1632. [*Heron de Villefosse. De la Richesse Mineral*, tomo I, página 58]. Aseguran nuestros cronistas que Don José de Sardaneta y Legaspi, dueño de la mina de Rayas, fué el primero que introdujo el uso de la pólvora para saltar la roca en Guanajuato [*Efemérides Guanajuatenses*, tomo I, página 145, y tomo II página 108]. Atendiendo al marcado impulso que este señor imprimió á sus trabajos mineros con la apertura y ahonde de tiros, puede conjeturarse que comenzó á usar del explosivo de 1726 á 1730.

tolomé de Medina el sencillo é ingenioso beneficio de patio en Pachuca en 1557, fueran á la vez que muy imperfectos, demasiado costosos.

Es de observar, sin embargo, la importancia que desde los primeros años del laborío mostraron las minas de Mellado y Rayas, que fueron las primeras abiertas sobre la despues célebre Veta Madre, supuesto que se comenzó la apertura de sus primeros tiros, el de la primera el 15 y el de la segunda el 16 de Abril de 1558.[1]

Las minas de Tasco comenzadas á trabajar ántes de la Conquista, son más antiguas que las de Andreasberg, descubiertas, segun Heron de Villefosse, en 1520. Las de Clausthal, Zellerfeld, Wildenau, Lautenthal, Grund y Altenau, tambien en el Hartz, no son mucho más antiguas que las de Pachuca, Zacatecas, Tlalpujahua, Sultepec, Bolaños y Guanajuato. Las minas de Clausthal, por ejemplo, comenzaron á trabajarse hácia 1532, recibiendo esa poblacion el título de ciudad de minas en 1554. Las minas más antiguas del Hartz son las del Rammelsberg conocidas en el siglo X.

El Real de Minas de Guanajuato, debió á principios del siglo XVII, despues del tratado de paz hecho con las tribus chichimecas en 1598, recibir un desarrollo marcado, supuesto el libre tránsito de los inmigrantes y del comercio, estableciéndose libremente los pobladores, en parte en las cercanías de las minas activamente trabajadas, y la mayoría en el sitio más favorable y ménos áspero de las montañas próximas á las minas. Así pues, la ciudad que hoy conocemos, aparece colocada en el fondo más ensanchado del estrecho valle cercano á los primeros laboríos abiertos sobre la Veta Madre.

Tampoco existen crónicas relativas á las minas de Guauajuato correspondientes al siglo XVII, y únicamente es de presumirse el graduado desarrollo de su trabajo por el aumento de la poblacion, elevada á la categoría de Villa en 1619, que contaba ya con Casas consistoriales construidas desde 1610, en el sitio hoy ocupado por el Palacio de Gobierno. El actual templo parroquial, que es un edificio amplio y costoso situado sobre la suave ladera de una montaña, para cuya ereccion se necesitaron gruesos terra-

1. *Humboldt. Ensayo Político sobre Nueva España.* Traduccion castellana. Paris-1827, tomo III, pág. 37.

plenes sostenidos por competentes muros de buena mampostería, se comenzó en 1671 y se inauguró en Febrero 12 de 1695.

El ensanchamiento de las explotaciones y la falta de brazos para el trabajo, se deja reconocer en algunas providencias emanadas directamente del Virey, tal y como la correspondiente al año de 1698, á la que se refiere Marmolejo en las siguientes líneas: "El Virey, Conde de Moctezuma y de Tula, Don José Sarmiento Valladares, dicta una disposicion dirigida al Ayuntamiento de Guanajuato, en la que previene que, por ningun motivo, se inquieten los sirvientes de las minas por medio de ofertas de mejor sueldo ú otras semejantes, por los graves inconvenientes que de aquí se originan. Este mandamiento se expide á consecuencia de una acusacion hecha por el dueño de la mina de Rayas; pero á pesar de ser tan terminante, es resistido por algunas personas, principalmente por el Lic. Don Juan Pérez de la Calle, encargado de la negociacion de Sirena; necesitando nueva órden del Virey para que vuelvan de esta mina los barreteros que se habian pasado á ella, procedentes de Rayas."[1]

En el siglo XVIII fué cuando estas minas entraron en un período de produccion aun más desarrollado, en primer lugar, por el aumento constante de la poblacion que pudo ya ministrar los brazos necesarios para los trabajos del giro; en segundo, porque fué este siglo un período notable de gran prosperidad para las minas de Cata, Mellado, Rayas y Santa Anita, y en fin, porque de 1768 en adelante entraron á figurar los crecientes y pingües productos de la célebre mina de Valenciana.[2]

Mucha parte del notable aumento de los productos metalíferos guanajuatenses, en el último tercio del siglo XVIII, se debe, como el de todas las minas mexicanas, al no poco alivio que experimentaron los mineros con la diminución de los impuestos fiscales españoles, que tan onerosamente pesaban sobre los metales preciosos.

Efectivamente, los siguientes párrafos de los célebres *Comentarios á las Ordenanzas de Minas*, de Don Francisco Javier Gamboa,[3] presentan en sucinto compendio la entidad del cobro fiscal

1. *Efemérides Guanajuatenses*, tomo I, página 231.
2. *Alaman. Historia de México*, tomo I, página 99.
3. Edicion de Madrid, impresa en 1761, página 83.

llamado «quinto,» al que estuvieron sujetos los metales preciosos en Nueva España desde la conquista. Despues de bosquejar cuál fué la legislacion fiscal española respecto de este asunto desde 1383 en adelante, y de qué manera complicada se cobraban á los explotantes afortunados ó se aliviaba á los que marchaban en decadencia de la monstruosa carga de unos derechos excesivos, para ayudarlos en sus empresas, se expresa del modo siguiente: "En las Indias, los Reyes Católicos mandaron que se cobrase el quinto de Oro, Plata y otros metales, sin descuento de costas, dejando libres las otras cuatro partes, en consideracion de las costas y gastos;[51] y aun al principio se concedió en algunos minerales el privilegio de quintar al diezmo, más ó ménos hasta la vigésima parte, como dice Solórzano, por causa de ser los Minerales nuevos, ó ménos ricos,[52] cuyo privilegio debe guardarse, segun previene la ley.[53] Y posteriormente, por Cédulas de Valladolid 17 de Setiembre de 1548, de Aranjuez 25 de Mayo de 1569, de Madrid 26 de Octubre de 1572 expedidas para el Reyno de México, se mandó cobrar el diezmo de la Plata, que se sacara de las minas, en lugar de el quinto, cuyas concesiones parece fueron temporales, pues á más de que la primera de las citadas Cédulas limitó esta gracia al tiempo de seis años; la misma repetición de ella en diversos tiempos denota haber sido temporal.[54]

"Pero como vimos en el capítulo II, al número 71, asienta la Junta compuesta de el Virey y Ministros de México, que por Cédula de 30 de Diciembre de 1716, se mandó cobrar generalmente el diezmo á los mineros de Nueva España: y lo mismo se concedió despues en 1735 á los del Perú, como atestigua Don Francisco Ramiro de Valenzuela en las Adiciones á la Política de Don Juan de Solórzano.[55]

51. Ley I, tít. 10, lib. 8, de Indias.

52. Solorz., lib. 6, Polit., cap. I, núm. 21.

53. Ley 53, tít. 10, lib. 8 de Indias.

54. Estas Cédulas á fól. 34, 91 y 98 de un Libro de la N. Ciudad de México, del cargo del Secretario Don Gabriel Mendieta Rebollo, que certifica en 16 de Agosto de 1692, haber escapado la noche del incendio y tumulto con otro de las Ordenanzas de Ciudad, cuyo índice tenemos entre nuestros Cedularios Manuscritos, tomo I, fol. 219.

55. Solórz., dict. lib. 2., Polit., cap. XVIII, núm. 125, y lib. 6, cap. 1, núm. 31.

"No obstante esto, los Rescatadores seguian pagando el quinto, pero por Cédula fecha en Balsain á 19 de Junio de 1723, se mandó que en toda la Gobernacion de Nueva España, generalmente se pague el diezmo de la Plata y Oro que se saque por fuego, y Azogue, no sólo por los Mineros, sino por los Aviadores, Rescatadores, Compradores, Folleros y demas personas, para evitar por este medio las ocultas y fraudulentas extracciones, mediante tan corta y moderada contribucion."[1]

A principios del siglo actual, en el que aún existia el mismo régimen, en cuanto al quinto, al que se refiere Gamboa, pero se habian moderado los gravámenes suplementarios, Humboldt, por cálculos relativos á Guanajuato, estimaba que el total cobro efectuado á la plata aislada correspondia al doce y medio por ciento, y á diez y nueve y medio si se trataba de plata aurífera.[2]

"Por una gran desgracia que lamentará siempre la humanidad —dice la *Junta de Fomento Administrativa de Minería*, en un interesante informe[3]—las sombras del error por mucho tiempo suelen oscurecer la verdad, hasta que llega el momento feliz en que disipadas aquellas, ésta aparece con tal brillantez, que no hay quien deje de percibirla como ella es en sí misma: entónces los gobernantes, léjos de desconocerla, la adoptan como un principio, y los que forman las naciones disfrutan de un bien que ántes no les era concedido gozar. Pasó el siglo diez y seis, trascurrió el diez y siete, y fué necesario parte del diez y ocho para que abriese los ojos el gabinete español, y conciliase mejor los intereses de su fisco con los de sus vasallos. Llegó á palpar que á proporcion de las franquicias que concedió á la minería, ya dispensándola de los medios quintos, ya de dos cuartas partes en el valor del azogue, así fué subiendo la acuñacion, en términos de no pasar en principios del diez y ocho, de cinco millones de pesos anuales, y

1. Sobre este punto se puede consultar el interesante opúsculo de D. Fausto de Elhuyar, *Del Influjo de la Minería*, 1825, pág. 33.

2. *Ensayo Político sobre Nueva España.* Traduccion castellana. Paris, 1827, tomo III, pág. 227.

3. Fechado en México á 17 de Noviembre de 1846. Anexo incluido en la *Memoria de la primera Secretaría de Estado y del despacho de Relaciones Interiores y Exteriores de los Estados Unidos Mexicanos, leida al Soberano Congreso Constituyente, por el Ministro del ramo, José María Lafragua.*—México, 1847. Documentos justificativos, pág. 143.

llegar en los primeros años del actual, á la exorbitante suma de veinte y siete. Observó tambien con asombro que en la misma escala ascendente, fueron los rendimientos de las demas rentas: el producto total de todos en el año de 1712 importó tres millones sesenta y cuatro mil cuatrocientos diez pesos; en el de 1764, seis millones; en el de 1767, doce millones; en el de 1792, diez y nueve millones, y en el de 1810, época memorable del glorioso grito de independencia dado en Dolores por el inmortal Hidalgo, veinte millones, cuatrocientos sesenta y dos mil trescientos siete pesos cinco reales. Tan cierto es, que entre nosotros, todo ha dependido del influjo de la minería; de este primer móvil de prosperidad de la nacion; de este agente principal á cuya acción se hallan subordinadas las creces de nuestra agricultura, industria y comercio; de este único manantial de nuestra riqueza."

Más adelante dice:

"El período muy dilatado de más de trescientos años, la experiencia y la razon nos ponen en clase de verdades prácticas, la siguiente: *el trabajo y rendimiento de las minas aumentará á medida que disminuyan los impuestos y el valor de las materias de su consumo.*"

Conviene llamar la atencion en estas reminiscencias históricas, hácia la benéfica influencia que sobre la industria minera han ejercido algunos hombres excepcionales, de elevadas miras, poseidos de un espíritu de empresa decidido, y de una energía invencible puesta á prueba en las tremendas alternativas á las cuales se encuentra sujeto un giro, que fácilmente pasa de los esplendores de la opulencia á los rigores de la escasez, originados á veces por la rápida decadencia de los trabajos mineros productivos, en un país en el que casi nunca se tenian macizos de reserva en las minas. Una de las primeras figuras de esta especie, cuyo recuerdo nos han conservado los cronistas, es el de Don José Sardaneta y Legaspi, dueño de una buena parte de la mina de Rayas, quien en el año de 1726 emprendió la apertura de un tiro, que e fué preciso abandonar, despues de haber invertido tiempo y dinero, por la imprevista invasion de unas aguas que entorpecian y gravaban en alto grado la prosecución de su obra; habiéndose visto obligado desde luego á reemprender la apertura ó al ménos el ahonde del tiro de Santa Rosa de Lima, para cumplir el objeto

que se propuso, trabajando dia y noche hasta concluir su tarea en Junio 17 de 1730.[1]

Los notables donativos de este personaje revelan que sus trabajos no fueron infructuosos. En 1732 se ofreció colectivamente con otros mineros á construir el grandioso templo de la Compañía, con su respectivo colegio: en 1737 donó una magnífica peana de plata adornada con pequeñas estatuas y delicados relieves del mismo metal, para la imágen de Nuestra Señora de Guanajuato, y poco despues, su hijo Don Vicente Manuel, donó la mitad del costo para la construccion de la Presa de la Olla, que surte de agua potable á la ciudad, y construyó la capilla de Rayas, invirtiendo en ello la cantidad de cincuenta y cuatro mil pesos. En 1728 abrió Don José Sardaneta dos caminos para comunicar la ciudad con Rayas.[2]

Antes de que en la mina de Rayas tuviera participio Don José Sardaneta, fué contratada en avío en 1698 por el Dr. Don Diego Franco Velázquez, Cura de la Catedral de México, por sí y á nombre de sus hijos legítimos.[3] Pero despues de este avío ó durante él, la mina fué despilarada por Don Juan Diaz de Bracamonte, segun quedó probado jurídicamente,[4] y en 1721, el Dr. Don Agustin Franco de Toledo tenia entregada dicha mina en arrendamiento.[5] Estos hechos demuestran claramente el estado decadente de la mina en poder del dueño ó dueños inmediatamente anteriores.

Para dar una idea de las empresas de Don José Sardaneta, y de la continuacion de ellas por su hijo D. Vicente Manuel (á quien en Julio 15 de 1774 se le concedió título de Castilla bajo la denominacion de «Vizconde de Sardaneta y Marqués de San Juan de

1. *Efemérides guanajuatenses*, tomo II, págs. 30 y 34.
2. *Efemérides guanajuatenses*, tomo II, págs. 33, 39, 41, 108 y 109.
3. *Efemérides guanajuatenses*, tomo I, pág. 231.
4. Probablemente este Sr. Bracamonte será el Oidor mismo de la Audiencia de México, que llegó á Guanajuato el 2 de Enero de 1707, y despues fué Cura de la ciudad en 1715. *Efemérides guanajuatenses*, tomo II, páginas 7 y 25.
5. Informe de los Oficiales reales de Guanajuato, de Abril 7 de 1721, en la obra que lleva por título: *Respuesta que Don José Antonio de Villaseñor y Sánchez, Contador General de Reales Azogues, expende á favor de la Real Hacienda.* México, 1742, págs. 98 y 99.

Rayas»), así como para presentar algunos apuntes históricos sobre la mina de Rayas, trascribiré los siguientes párrafos del Sr. Ward:[1] "Noviembre 17 y 18 [de 1826]. Ocupé ambos dias visitando las minas trabajadas en Guanajuato por la Compañía Unida Mexicana, de las que las más importantes son Rayas, Sechó y Cata.

"La primera de éstas, San Juan de Rayas, [que lleva el nombre de su primer propietario] es una de las minas más valiosas sobre la Veta Madre, y el certificado de su denuncio es el documento más antiguo de los archivos de Guanajuato. Está situada en una de esas cañadas ó quebradas en las cuales se han concentrado las riquezas de la veta, inmediatamente abajo de las minas de Santa Anita y San Vicente. Estas quedaron impedidas de profundizar sus obras, por haber extendido la mina de Rayas sus cañones por debajo, y enteramente fuera de las pertenencias de aquellas tal cual estaban marcadas en la superficie. El derecho de interceptar los trabajos de otra mina está concedido por las Ordenanzas de Minería, supuesto que la «pertenencia» únicamente cubre doscientas varas de profundidad perpendicular.[2] De aquí para abajo el terreno queda libre, y el deseo de asegurarlo en las porciones más ricas de la veta, pone á prueba la actividad de los propietarios colindantes para penetrar á él con sus labores. El que lo logra, *encampana* á su rival, y como el daño no tiene remedio, goza despues indisputablemente de la posesion de la veta

1. *México in* 1827 *by H. G. Ward, Esq. His Majesty's chargé D'Affaires in that country during the years* 1825, 1826, *and part of* 1827. *London*, 1828. Vol. II, pág. 447.

2. En efecto, como lo asienta Mr. Ward, Las Ordenanzas de Minería concedian al minero, para formar sus pertenencias, en la direccion del echado, una cuadra variable en su longitud, segun la inclinacion de la veta, pero en tales términos, que por lo general podia llegar á la profundidad vertical de doscientas varas contadas desde el punto del creston de donde partia la medida para las pertenencias, tal y como terminantemente lo expresaba el artículo 8º del título 8º Por consiguiente, la continuacion de la veta más allá de esa profundidad, pertenecia de los mineros comarcanos, al más activo y más sagaz para penetrar con sus labrados subterráneos al terreno no posesionado; salvo el caso de que algun otro minero, mediante el denuncio de alguna vetilla de ningun valor ni porvenir, se posesionase del terreno astutamente, para explotar á los vecinos tan pronto comoéstos penetrasen sobre su veta al terreno del intruso.

inmediatamente debajo de las pertenencias de su adversario, hasta alcanzar la profundidad á la cual crea conveniente llegar con sus obras.

"La extraordinaria riqueza de los frutos de Santa Anita, algunos de los cuales se vendieron durante la gran bonanza de esa mina en 1740, por su peso de plata, con motivo de la gran proporcion de oro que contenian, indujo al abuelo del presente Marqués de Rayas [Don José Sardaneta] quien habia adquirido diez barras en la mina[1] como *aviador*, á esforzarse en *encampanar* las pertenencias situadas en la parte superior de la quebrada, avanzando sus propios labrados debajo de ellas. Despues de varios años invertidos en la empresa, que se proseguia lentamente á consecuencia de la falta de fondos, murió sin haber logrado su objeto; pero dejando consignados en testamento sus proyectos á su hijo, asegurándole en sus últimos momentos, que aunque terminaba su vida en la pobreza, una poca de perseverancia en sus planes aseguraría la opulencia de sus descendientes.

"Su profecía se cumplió plenamente. La veta de Santa Ana aumentó de riqueza conforme se avanzó en profundidad, y habiendo Rayas obtenido exclusiva posesion de ella, el tiro de Santa Rosa se profundizó, obteniendo la primera gran bonanza.

"Esta masa de frutos [clavo rico] habiéndose agotado, se destacaron nuevas obras hácia el Sureste, y se avanzó el tiro de San Miguel, por el padre del presente propietario, con un gasto de 700,000 pesos: con esto, la familia de Sardaneta obtuvo una segunda bonanza que duró varios años, y produjo una utilidad neta de once millones de pesos, libres de todo gasto.

"De 1760 á 1780, continuó la mina en laborío con provecho considerable, pero en ese año ocurrió un accidente por el cual estuvo á punto de abandonarse. Un torrente repentinamente formado en las montañas, tomó su curso por la cañada de Rayas, y penetró por la boca de la mina, que no estaba protegida contra tan imprevisto peligro, llenando en un momento los labrados inferiores y destruyendo casi todas las construcciones interiores que existian. Tan grande fué el volúmen invasor de aguas, que se ocu-

1. La antigua costumbre en Nueva España era dividir la propiedad de la mina en veinticuatro partes ó acciones, cada una de las cuales se llamaba *barra*. Aún subsiste generalmente esta division á la cual se refiere Mr. Ward.

paron diez y nueve años para el desagüe, el cual no se completó hasta 1799, época en que la mina volvió á rendir productos y dejó en cada uno de los cuatro años siguientes, una utilidad neta de 400,000 pesos. Desde entónces la mayor parte del producto ha sido absorbido por la apertura del nuevo Tiro General, comenzado por el actual Marqués en 1805. Esta es una empresa estupenda: el tiro es de seccion octágona, semejante al de Valenciana, pero excediéndole dos varas y media en el diámetro.[1] La profundidad, sin embargo, será únicamente de 450 varas, en vez de 635.

"Cuando estalló la guerra civil, el tiro tenia una profundidad de 318 varas, pero el Marqués, demasiado empobrecido por la revolucion para llevar adelante una obra tan hercúlea con sus propios recursos, despues de la declaracion de Independencia en 1821, se vió compelido á acudir al auxilio de la Compañía Unida Británica, de la que su primo Don Lúcas Alaman, es el principal director. Encontrando la Compañía imposible emprender el desagüe de la mina por el tiro de Santa Rosa, ó por el de San Miguel, que estaba enteramente hundido, acordó emprender la continuacion del Tiro General, el que una vez concluido, daría acceso á los ricos labrados de la Sangre de Cristo, y á un gran tramo de la veta que hasta ahora habia permanecido inexplorado.

"En Noviembre de 1826, cuarenta y nueve varas se avanzaron en profundidad por la Compañía, además de las 318 logradas por el Marqués: ochenta varas quedan aún por avanzarse á razón de vara y media semanaria; pero es de esperarse que se logre obtener media vara más, tan pronto como queden instalados los ocho malacates que se intentan aplicar en vez de los seis hoy existentes. En la ereccion de los dos malacates ha consistido el principal gasto de la empresa, pues que el brocal del gran tiro de Rayas, estando situado sobre una vertiente rápida, ha sido preciso excavar la montaña por un lado, y construir una plataforma por el otro, con objeto de disponer del local suficiente para la accion de los aparatos. Uno de los malacates de Rayas es el mayor construido hasta ahora en América, pues el tambor tiene ocho y media varas de diámetro, y la palanca ó espeque por medio del cual

1. El diámetro mayor de este tiro es de 11 varas (9.22 metros) y el del tiro de Rayas es de 13 y media varas (11.31 metros).

se mueve, veinticuatro varas de longitud:[1] lo mueven ocho caballos que se remudan cada tres horas, y ocupa el total de una enorme galera construida en la inmediacion del tiro.

"Cuando la Compañía comenzó sus operaciones, el Tiro General estaba inaccesible por el agua que lo invadia, y que se suponia proceder de algunas filtraciones de la mina, y por consiguiente, fué indispensable establecer ambos desagües simultáneamente, con cuyo objeto tres malacates se colocaron en el Tiro de Santa Rosa. El agua bajó gradualmente ochenta y una varas y tres cuartas, y el plan del nuevo tiro quedó á descubierto; pero hasta Octubre de 1825 estuvo suficientemente accesible para la grande empresa de proseguir su profundizacion."[2]

Despues de referir algunos pormenores de menor importancia, continúa Mr. Ward su narracion del modo siguiente:[3] "De las labores desaguadas se han extraido frutos por valor de 75,000 pesos, hasta Noviembre de 1826, en cuyo tiempo el total egreso de la asociacion relativo á esta mina, montaba á 412,000 pesos. Ninguna duda razonable puede tenerse respecto del reembolso y de las probabilidades de muy amplias utilidades definitivas, supuesto que se ha considerado Rayas como una de las riquísimas minas del mundo: sus frutos, en las labores más profundas, son á la vez abundantes y de tal calidad por la ley de oro que contienen, que unas cuantas cargas equivalen á una extraccion mucho más abundante que la de cualquiera otra mina. La proporcion del oro ha montado en algunos ejemplares riquísimos á 2,100 granos en el marco,[4] y en los frutos llamados *guija de oro*, el oro nativo se encuentra diseminado en cantidad considerable en el cuarzo."

Concluye lo relativo á esta mina con el párrafo siguiente: "Des-

1. 12 varas de espeque partiendo del *peon* ó eje del malacate.

2. Dice una nota escrita en el dibujo de una seccion longitudinal de la mina de Rayas, lo siguiente: "En este punto estaba el agua el dia 18 de Enero de 1825, dia en que comenzó el desagüe. Este punto, situado sobre el camino de descenso, se encuentra á 79 varas bajo el brocal del Tiro de Santa Rosa. Diferencia entre este brocal y el del Tiro general de San Antonio, 37½ varas; por consiguiente, el agua de la mina estaba en el dia citado, á 116½ varas bajo el brocal de este último. Nota de P. L. M.

3. Volúmen citado, página, 454.

4. Marco de plata con el peso de 4,800 granos.

de el primer descubrimiento de Rayas en 1556,[1] aparece por los libros de los propietarios haber pagado esta mina á la Tesorería provincial, por quintos del Rey, la suma de 17.363,000 pesos. Aun no se ha llegado á la profundidad aproximada en la que los productos de la Veta Madre vienen á ser ménos valiosos, segun la suposicion de Humboldt, y como un gran macizo de terreno vírgen quedará habilitado por el tiro general, es de considerarse como una nueva mina, con toda la seguridad de produccion que puede dar una experiencia de tres centurias. En el curso del presente año [1827] espéranse completar los trabajos, y entónces la Compañía podrá obtener inmediatos y valiosos ingresos."

Esta narracion del diplomático inglés, procedente de sus conversaciones con el segundo Marqués de San Juan de Rayas, Don José Mariano Sardaneta y Llorente, personaje de inteligencia é instruccion no comunes, garantizan su exactitud, y demuestran cuál fué la influencia que sobre la marcha de los trabajos de la mina de Rayas y sobre su porvenir, tuvo Don José Sardaneta y Legaspi, abuelo del precitado, quien puede decirse que ántes de morir dejó trazada la órbita en la que deberia girar esta importante empresa.

Segun parece, en 1833 se le dieron los últimos avances al gran tiro, hasta alcanzar casi 400 metros [475 varas] de profundidad, y sin embargo, los resultados definitivos de la Compañía Unida [*United Mexican Company*] en la mina de Rayas fueron adversos, como aconteció con casi todos los negocios emprendidos por las compañías inglesas que vinieron á trabajar minas poco despues de nuestra emancipacion política; pues al entregarla á sus dueños dicha Compañía, quedó con un desembolso de 220,000 pesos.[2]

La estupenda obra del tiro general, segun la calificacion del Sr. Ward, se dice que tiene un costo total con todas sus construcciones exteriores, de 1.700,000 pesos.

¡Unicamente en Guanajuato se ven obras de tan enormes dimensiones y costos, cuya realizacion ha sido posible, en virtud

1. Segun los cronistas, el descubrimiento y denuncio de esta mina tuvo lugar en 1550, y al asignar el Sr. Ward para este acontecimiento el año de 1556, hay que preguntarse si se trata aquí de una simple errata de imprenta, ó si en efecto los títulos de propiedad de ella llevan esta fecha.

2. *Anales de la Minería Mexicana.* México, 1861, pág. 179.

de las grandes utilidades obtenidas por los emprendedores mineros de fines del siglo pasado y principios del presente!

¡Inútilmente se buscará en las empresas industriales de iniciativa particular de otro género de aquella época en nuestro país, el desembolso de sumas análogas para consolidar la marcha de los negocios bajo condiciones de mayor estabilidad administrativa, á fin de obtener un acrecentamiento en las utilidades netas!

Es un hecho digno de notarse, que despues de haberse logrado la apertura del gran tiro á fuerza de tiempo, de constancia, de trabajo y de quebrantos en la empresa, con el objeto principal de ejecutar con buen éxito el desagüe y emprender el laborío de la veta, en la region de los planes, no se llevara á efecto de este importante plan, sino la parte muy costosa preliminar de la ejecucion del tiro, y despues, por muy largos años los planes de la célebre mina hayan quedado inaccesibles por falta del capital y de los arbitrios indispensables para el desagüe.

En principios de este siglo las labores de esta mina se encontraban en estado próspero, supuesto que al visitarlas el baron de Humboldt, producian las utilidades que expresan las siguientes líneas:[1]

"En Rayas era mayor la utilidad del dueño de la mina aunque los productos eran menores (que en Valenciana, en 1803, en donde se vendian por semana 27,000 pesos de frutos, y los gastos importaban 17,000); daba esta mina á la semana por valor de 15,000 pesos de minerales y los gastos de laborío sólo ascendian á 4000; naciendo esto de la riqueza de los minerales, de su agrupamiento en la veta, de la poca profundidad de la mina y del menor gasto de la saca."

El Ingeniero D. José Rocha, en un interesante opúsculo[2] se expresa de la manera siguiente, refiriéndose á la mina de Rayas: "Durante el período de la guerra de independencia, se limitaron los dueños á sólo la explotación de los frutos costeables y abandonaron el desagüe, por cuyo motivo, llegó el agua casi á la boca-mina. En tal estado la tomó en avío la Compañía Inglesa, y en

1. *Ensayo Político sobre Nueva España.* Traduccion castellana.. Paris, 1827, tomo III, pág. 93.

2. *Estudios sobre la estadística minera de Guanajnato.* Leon, 1884, página 18.

su época hizo obras de grande importancia: dió ahonde al Tiro General, compuso y ademó el Tiro de San Miguel y Santa Rosa, formó *cañones* de comunicacion y abrió en los diferentes tiros *despachos* que facilitaron la extraccion con notable economía. El Señor Don Guillermo Glennie fué el que organizó los primeros trabajos de desagüe y de explotacion, y construyó todas las obras de mampostería del Tiro General, que aún se conservan, y que importan cosa de ochenta mil pesos; y el Señor Don Roberto su hermano, descubrió el clavo de Santo Toribio en 1847, que produjo $970.000 con lo que se pagó la deuda que tenia dicha negociacion con la compañía Inglesa. Algunos operarios viejos que conocieron á este Señor y lo trataron íntimamente, recuerdan su memoria con verdadero respeto, pues el Señor Glennie se distinguió más que por sus conocimientos científicos, por el afecto con que trató siempre á sus trabajadores. La mina de Rayas, entre todas las de la veta madre, es la qne ha producido mayores cantidades de oro. Los labrados de San Cayetano dieron frutos tan ricos que llegó á pagarse á 132 pesos quintal; y en las labores de la Cruz, la *guija* del oro daba hasta 1200 marcos por monton, haciéndose *ojos* de más de tres metros de diámetro."

En 1857, el finado Ingeniero Don Luis Robles Pezuela, estableció para el desagüe por este tiro un malacate de vapor antiguo que funcionó algunos años en la mina de Valenciana, y con el cual no se pudo lograr el desagüe completo de Rayas. Otros ensayos efectuados algunos años más tarde por medio de malacates de vapor, fueron tambien infructuosos, y por tanto puede decirse que la mina de Rayas no ha sido explotada á la profundidad desde principios del siglo actual.

Dependiendo la mina de Mellado en su desagüe de la mina de Rayas, su contigua hácia el Sureste, conforme á los antiguos contratos y en virtud de guardar las aguas en ambas el mismo nivel, recientemente [en principios de 1887] las dos minas han quedado aviadas por una misma compañía que lleva por título "La Concordia," organizada conforme con la inteligente iniciativa del Ingeniero Don Francisco Glennie, apoderado del acaudalado Señor Don Miguel Rul.

Las dos minas más antiguas radicadas sobre la Veta Madre, trabajadas sin interrupcion durante más de 330 años, y que ha

sido preciso explotar en casi todo el siglo actual sus muy disfrutadas regiones superiores, por el obstáculo insuperable de las aguas; minas que por la amplitud de sus productivos trabajos dieron márgen á la fundacion de la que es hoy Ciudad de Guanajuato, han sido desaguadas en un período de ocho meses, terminados en Febrero 4 de 1888, por medio de un excelente malacate de vapor, que en promedio desarrolló un trabajo útil de 77½ caballos de vapor. [1] A partir de esta época, puede decirse que se han rehabilitado los disfrutes de principios de este siglo, y por lo tocante á Rayas, hasta ahora es cuando en la práctica han podido realizarse los proyectos que en 1805 comenzó á desarrollar Don José Mariano Sardaneta, nieto del hombre emprendedor que supo encarrilar los trabajos de su empresa con notable tino en aquellos tiempos de escasa ilustracion industrial.

No pocos años más tarde que Don José Sardaneta y Legaspi apareció en Guanajuato otro hombre de un teson y de una constancia á toda prueba, cuyas fatigas tuvieron una espléndida y bien conocida recompensa. Fué este Don Antonio de Obregon y Alcocer, más tarde conocido con el título de Conde de Valenciana [que le fué conferido en Marzo 20 de 1780], á cuyo enérgico espíritu de empresa y de trabajo se debe la existencia de la célebre mina de este nombre.

"La historia de Valenciana, así como la de la Veta Vizcaina, dice Mr. Ward, [2] nos fué primero narrada por Humboldt, pero con el tiempo casi se ha olvidado, y conviene por lo tanto recordar que esta mina se encuentra situada al Norte de la poblacion de Guanajuato, sobre un tramo de la Veta Madre, que despues de haber sido ligeramente explorado hácia fines del siglo XVI, se le abandonó como de ninguna expectativa, hasta el año de 1760, en que el Señor Obregon, jóven español de muy poca fortuna, resolvió explorar la veta sobre una de estas localidades en las que se le habia considerado como "*emborrascada*" ó destituida de minerales ricos. Durante seis años persistió en trabajar en el sitio elegido, con una perseverancia sostenida únicamente por el pre-

1 Veanse los pormenores de este aparato descritos por el inteligente Ingeniero Don Francisco Reynoso, en el *Boletín de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros.*—Guanajuato 1888.—pág. 29.

2 *Mexico in* 1827, *vol II. p.* 439.

sentimiento de que iba á labrar su fortuna. [1] En 1767, habiendo agotado sus propios recursos, así como la paciencia de aquellos que de vez en cuando se los habian facilitado, á manera de avío, formó sociedad con un mercader de Rayas, llamado Otero, empuñando, segun se dice, con sus propias manos, las herramientas del minero, hasta el año de 1768, en el que los labrados, habiendo llegado á la profundidad de ochenta metros, la veta repentinamente comenzó á producir enormes masas de frutos ricos [2] que fueron aumentando de valor y ensanchándose á tal grado, que las utilidades de los propietarios montaron por varios y sucesivos años á un millon y medio de pesos. De 1788 á 1810 el producto medio fué de 1.383,195 pesos, y la utilidad 527,701 pesos, segun puede verse en el primero de los adjuntos estados:

1 Humboldt, al referirse á esta perseverancia, se expresa del modo siguiente: "Pero Obregon, apasionado á las minas como otros lo son al juego, preferia sujetarse á todo género de privaciones, á trueque de no abandonar su empresa." *Ensayo Político*, traduccion castellana, Paris 1827, tomo III, p. 89. Sobre esta apreciacion Tilmann se expresa de esta manera. "Apénas puede creerse que Obregon por haber sido apasionado á las minas hubiera expuesto al azar todos sus recursos: mucho más probable es que habiéndose formado un juicio favorable respecto de la constitucion de la Veta Madre, adquirió cierta conviccion sobre la riqueza en perspectiva en la proximidad del conglomerado, y sin vacilar marchaba á la profundidad, hasta que al llegar al nivel del plan de la Cañada del Acabuco, obtuvo aquella bonanza que produjo minerales en cada uno de los cuarenta años siguientes por valor de catorce millones de francos." *Der Bergbau und das Amalgamations—Verfahren in dem Bergwerks—Distrikte von Guanajuato in Mexico—Münster* 1866, p. 17.

2 "En 1771, dice Humboldt, se sacaron de la pertenencia de Dolores enormes masas de plata sulfúrea, mezclada con plata nativa y rosicler."

PRODUCTOS Y GASTOS

## DE LA MINA DE VALENCIANA

DE 1788 A 1810.

| AÑOS. | PRODUCTOS. | | GASTOS. | | UTILIDAD. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pesos. | Rs. | Pesos. | Rs. | Pesos. | Rs. |
| 1788... | $ 1.571,216 | 2½ | $ 429,159 | 2½ | $ 1.142,057 | 0 |
| 1789... | 1.633,459 | 0½ | 448,133 | 1 | 1.185,325 | 7½ |
| 1790... | 1.499,939 | 1½ | 454,523 | 5 | 1.045,415 | 4½ |
| 1791... | 1.639,085 | 4 | 733,321 | 0 | 905,764 | 4 |
| 1792... | 1.049,753 | 0 | 757,173 | 4 | 292,579 | 4 |
| 1793... | 1.042,876 | 0½ | 738,354 | 2 | 304,521 | 6½ |
| 1794... | 1.282,042 | 0½ | 799,328 | 2 | 482,713 | 6½ |
| 1795... | 1.696,640 | 3½ | 815,817 | 6½ | 880,822 | 5 |
| 1796... | 1.315,424 | 1½ | 832,347 | 0 | 483,077 | 1½ |
| 1797... | 2.128,439 | 2½ | 878,789 | 2 | 1.249,650 | 0½ |
| 1798... | 1.724,437 | 4 | 890,735 | 5 | 833,701 | 7 |
| 1799... | 1.584,393 | 1½ | 915,438 | 5½ | 668,954 | 4 |
| 1800... | 1.480,933 | 7 | 977,314 | 5 | 503,619 | 2 |
| 1801... | 1.393,438 | 0 | 991,981 | 7 | 401,456 | 5½ |
| 1802... | 1.229,631 | 1 | 944,309 | 1½ | 285,321 | 7½ |
| 1803... | 1.232,045 | 0 | 937,931 | 6½ | 294,113 | 1½ |
| 1804... | 1.185,265 | 5 | 941,121 | 1 | 244,144 | 4 |
| 1805... | 1.113,756 | 4 | 946,346 | 6 | 167,409 | 6 |
| 1806... | 1.040,632 | 7 | 914,662 | 7 | 125,970 | 0 |
| 1807... | 1.191,582 | 2 | 1.019,781 | 3½ | 171,800 | 6½ |
| 1808... | 1.523,815 | 6 | 1.205,924 | 1 | 317,891 | 5 |
| 1809... | 1.385,611 | 1½ | 1.204,333 | 1 | 181,278 | 0½ |
| 1810... | 869,068 | 3 | 899,521 | 1½ | ..... | ... |
| | $ 31.813,486 | 3½ | $ 19.676,349 | 4½ | $ 12.167,589 | 5½ |
| A deducir por pérdidas en 1810..... | | | | | 30,452 | 6½ |
| Utilidad neta..... | | | | | $ 12.137,136 | 7 |

PRODUCTOS Y GASTOS

## DE LA MINA DE VALENCIANA

DE 1811 A 1825.

| AÑOS. | PRODUCTOS. | | GASTOS. | | UTILIDAD. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pesos. | Rs. | Pesos. | Rs. | Pesos. | Rs. |
| 1811... | $ 323,762 | 2½ | $ 122,687 | 6½ | $ 201,074 | 4 |
| 1812... | 279,599 | 7 | 144,002 | 7½ | 135,596 | 7½ |
| 1813... | 258,920 | 3½ | 238,443 | 1½ | 20,477 | 2 |
| 1814... | 305,638 | 6½ | 215,257 | 3 | 90,381 | 3½ |
| 1815... | 279,346 | 0 | 235,519 | 6½ | 73,826 | 1½ |
| 1816... | 178,512 | 7 | 149,030 | 5½ | 29,482 | 1½ |
| 1817... | 165,986 | 5½ | 136,429 | 1 | 29,557 | 4½ |
| 1818... | 174,971 | 1½ | 142,317 | 2½ | 32,653 | 7 |
| 1819... | 202,414 | 5½ | 180,743 | 1 | 21,671 | 4½ |
| 1820... | 80,183 | 6 | 63,351 | 3 | 16,832 | 3 |
| 1821... | 101,138 | 6½ | 72,809 | 5½ | 28,329 | 1 |
| 1822... | 70,450 | 4½ | 60,575 | 2 | 9,875 | 2½ |
| 1823... | 36,199 | 1 | 32,045 | 3½ | 4,153 | 5½ |
| 1824... | 117,143 | 5½ | 87,341 | 3 | 29,802 | 2½ |
| 1825... | 31,413 | 4 | 11,588 | 7 | 19,824 | 5 |
| | $ 2.605,682 | 2½ | $ 1.862,143 | 3 | $ 743,538 | 7½ |

"Una poblacion de 7,000 habitantes se formó en las inmediaciones de la mina, en la cual 3,100 individuos encontraban ocupacion diaria, bajo la inmediata inspeccion de un administrador, á quien los propietarios pagaban un sueldo de 12,000 pesos anuales [2,500 libras], bajo la inteligencia muy exacta de que el valor de la asignacion era la mejor seguridad para la buena conducta de aquel de quien todo dependia.

"Varias pertenencias se han anexado á Valenciana, ocupando en el interior los labrados una extension de casi una milla inglesa [1,609 metros]. Con objeto de tener acceso á los diferentes cañones, varios tiros se abrieron, siendo el primero el Tiro Viejo de San Antonio, que se dice costó 396,000 pesos, y por el cual se cor-

tó y se extrajo la primera bonanza. Pero despues se compró el tiro de Burgos con la Bocamina de San Ramon, para anexarlos á la gran mina [con un costo de 82,000 pesos] y despues se abrió el tiro exágono de Nuestra Señora de Guadalupe, con un costo de 700,000 pesos. Habiéndose estimado insuficientes todos estos, en 1801 se comenzó el tiro general de figura octágona, y que se prosiguió hasta el principio de la revolucion [de independencia en 1810], con un costo aproximado de un millon de pesos, habiendo alcanzado la profundidad de seiscientas treinta y cinco varas mexicanas (532 metros).[1]

Respecto de estas obras se expresa Humboldt del modo siguiente:[2] "La rotura y ademe de los tres tiros antiguos costaron al viejo conde de Valenciana cerca de un millon doscientos mil duros, en esta forma:

| | |
|---|---|
| El tiro cuadrado de San Antonio, ó tiro viejo, que tiene 227 metros de profundidad perpendicular, y cuatro malacates..... | $ 396,000 |
| El tiro cuadrado de Santo Cristo de Burgos, que tiene 150 metros de profundidad y dos malacates..... | 95,000 |
| El tiro exágono de Nuestra Señora de Guadalupe (tiro nuevo) que tiene 345 metros de profundidad y seis malacates..... | 700,000 |
| Total de gastos de los tres tiros..... | $ 1.191,000 |

Hace doce años que se ha comenzado á abrir en la roca viva por el respaldo alto de la veta un nuevo tiro general, que tendrá la enorme profundidad perpendicular de 514 metros cuando se llegue á los planes de San Bernardo. Como este tiro estará colocado en el centro de las obras, disminuirá considerablemente el número de 900 tenateros que hoy se ocupan allí, como acémilas para llevar los minerales á los despachos que están más arriba. El tiro general, cuyo costo será de más de un millon de duros, es octágono y tiene 26.8 metros de circunferencia. Su ademe es hermosísimo.[3] Se creía que se podria llegar á la veta en el año de 1815, bien que en Setiembre de 1803 no estaba sino á 184 metros de

1 Esta profundidad está un poco exagerada, pues parece que es únicamente de 515 metros.

2 *Ensayo político sobre Nueva España*, traduccion castellana.—Paris—1827.—tomo III. p. 90.

3 Reviste 70 metros de tiro partiendo del brocal.

profundidad. La rotura de este tiro general, es una de las empresas mayores y más atrevidas que presenta la historia del laborío de las minas. Con todo, podría dudarse si para disminuir los gastos de acarreo y de saca, ha sido útil echar mano de un remedio que es á un mismo tiempo lento, costoso é incierto."

Hablando del tiro general de Valenciana, un ingeniero norte-americano se expresa de la manera siguiente: [1] "Persisto en la opinion de que no hay tiro alguno sobre la faz del globo que iguale al gran Tiro de Valenciana: es una obra maestra en la cual apénas si en la primera ojeada se percibe la eminencia de su colosal trabajo. Es un espectáculo para el minero moderno que le hará reverenciar la memoria de sus históricos emprendedores, pues tomando en consideracion los métodos primitivos al arbitrio de aquellos mineros, es una obra digna de recuerdo entre los admiradores de la arquitectura en el mundo. Este tiro es octágono, de treinta y seis piés de diámetro, revestido de sólida mampostería, y es tan vertical hasta su profundidad de 520 metros, como es posible con los recientes adelantos. La magnitud de esta obra expresa claramente la energía del minero tradicional, y recuerda muy bien el valor de los frutos entre los cuales penetró. El costo de este tiro alcanza la enorme suma de 1.100,000 pesos.

"Un grande espectáculo me colocó en mejor aptitud para penetrarme del carácter de la obra; pues partiendo de una traviesa elevada sobre el brocal, se dejó caer por el centro del tiro un gran bulto de estopa encendido formado con restos de cables viejos impregnados de aceite. Este globo de fuego cayó por la perpendicular del tiro, alumbrando en su luminoso curso las lamosas rocas y produciendo un espectáculo que jamás se borrará de mi memoria. Descendió en su vuelo á la manera de un cometa de chispeante cauda, con rugido semejante al de impetuoso viento, lanzando su luz por completo sobre unos cincuenta piés del tiro arriba de la masa candente, con una brillantez que era hermosa sencillamente en su grandiosa majestad, hasta que, con un estruendo sordo chocó sobre las aguas que por tan largo tiempo desafiaron al minero español."

De qué manera pudo el Conde de Valenciana desarrollar sus

1 *Report of Henry B. Clifford, M. E. upon Guanajuato, Mexico.*—opúsculo impreso. New York.—1883. p. 17.

labores en pocos años hasta llegar á una escala tan vasta, lo explican con claridad los siguientes párrafos de Ward:

"Las minas están esparcidas en diferentes direcciones alrededor de la poblacion, y en algunas de las inmediatas se han formado pueblitos que se pueden considerar como los suburbios de Guanajuato. Tal es el caso con Valenciana [en donde la poblacion llegó á montar antiguamente á 7,000 habitantes], y Rayas, y en menor escala con Sirena y Villalpando. Las Haciendas situadas por lo comun más próximas á Guanajuato, aunque están en ruinas ahora, su número y extension atestiguan á la vez la anterior importancia de las minas y la opulencia de los Rescatadores, (Amalgamadores), que fueron los que edificaron estas costosas construcciones. Pocas ó ninguna de ellas tienen agua suficiente para el movimiento de su maquinaria, por consiguiente se emplean mulas, de las que ántes de la revolucion se ocupaban diariamente catorce mil para este objeto. Los rescatadores compran los minerales á su salida de las minas, quedando enteramente á su inteligencia la estimacion á ojo del valor de los montones expuestos para la venta, á fin de no efectuar una compra desventajosa. En esta ciencia han adquirido gran perfeccion, supuesto que mayor número de fortunas se han hecho en Guanajuato con las oficinas de amalgamacion que con las minas mismas: la amplitud de este sistema establecido, proporcionó á los empresarios mineros el buen éxito, con motivo de la realizacion instantánea de casi cualquier monto de frutos. Durante la gran bonanza de la mina de Valenciana, se efectuaron ventas por valor de ochenta mil pesos en un dia, y debido á estas facilidades para obtener recursos pecuniarios, pudo conseguirse el rápido progreso de los trabajos en la mina despues de sus primeros descubrimientos. Si hubiera sido necesario erigir oficinas privadas de amalgamacion con objeto de volver dinero contante las riquezas recien alcanzadas, muchos años habrian trascurrido ántes que el primer Conde de Valenciana hubiera podido obtener algunas ventajas de sus labores; pues cuando la fortuna comenzó á sonreirle al hombre destinado á ser uno de los más ricos del mundo, en el término de algunos años, éste no poseia un sólo peso. [1]

1 *Mexico in* 1827.—London 1828.—Vol. II.—426.

Respecto del mismo asunto se expresa Tilmann de la manera siguiente:[1]

"Los trabajos antiguos de la mina de Valenciana carecian de regularidad, si bien grandes masas minerales se extrajeron en un período relativamente corto. Tan pronto como los frutos se descubrieron, se disfrutaron sin más punto de vista que extraer lo más posible en el menor tiempo. Cuando en alguna labor se presentaban dificultades locales, se abandonaba el sitio para emprender el ataque por otra parte, supuesto que habia campo en donde escoger. Esta especie de disfrute no puede calificarse de explotacion minera, sino de excavar en un terreno de inmensas riquezas, bajo la forma de una rapiña en la mayor escala imaginable."

Más adelante agrega: "En el curso de cuarenta años, de 1770 á 1810, se abrieron los tiros ya citados y se disfrutó una bonanza diseminada en 150 metros de anchura, 1,300 de distancia á rumbo de veta, y 950 por la direccion del echado.[2] Con alguna regularidad y álgo de sistema, habria sido físicamente imposible que ese disfrute hubiera alcanzado semejantes dimensiones en cuarenta años."

Los cuadros numéricos ántes trascritos fueron presentados por èl Señor Ward, con objeto de dar á conocer, en el primer estado, los productos de la mina de Valenciana en la época de su apogéo, de 1788—desde cuyo año se pudieron obtener datos exactos—hasta 1810, año en que estalló la guerra de insurreccion, que para Guanajuato fué desastrosa en su principio. El segundo estado presenta los productos de la mina durante el período decadente y de paralizacion de las minas guanajuatenses, desde 1811 hasta el año de 1825, en el que Valenciana, como todas las principales de Guanajuato, fueron tomadas en avío por las compañías inglesas ántes citadas. Durante este período, la mayoría de estas minas quedaron casi paralizadas en sus trabajos é invadidas por el ascenso de las aguas procedentes de sus respectivos manantiales.

Omitiendo los guarismos correspondientes al año de 1810, en que se resintieron pérdidas en la explotacion, como una conse-

1 Opúsculo citado, página 22.

2 Considero exagerada esta dimension marcada por Tilmann, supuesto que la exploracion de la gran veta por su inclinacion, desde el punto más elevado del creston hasta la mayor profundidad reconocida, apénas si excede de 800 metros.

cuencia inevitable de los gravísimos sucesos por los que comenzó la guerra de independencia, con la toma de la Alhóndiga de Granaditas situada dentro de la ciudad de Guanajuato, el 28 de Setiembre, y con los siniestros acontecimientos posteriores tales como las terribles represalias del funestamente célebre brigadier Don Félix María Calleja, y del impasible ejecutor de la horrorosa carnicería de Granaditas de Noviembre 26, Don Manuel Flon, Conde de la Cadena, y con la ejecucion del 28 siguiente del inteligente administrador de la mina de Valenciana, Don Casimiro Chowell, en la horca colocada enfrente de la entrada principal de Granaditas; todo esto sembró la desolacion en la comarca, y desequilibró naturalmente los resultados económicos de una negociacion desarrollada tan en vasta escala como lo era la de Valenciana.

En 1812 y 1813 el laborío marchó sin muy notable decadencia en las utilidades líquidas; pero los gastos y los productos de cada uno de estos años, manifiestan claramente la paralizacion de los trabajos y la decadencia general marcadísima del movimiento de la explotacion. En esos dos años sostuviéronse pues las utilidades del laborío á espensas de los restos procedentes de los macizos más ó ménos disfrutados. De esa época en adelante la decadencia se acentuó más aún, hasta llegar al año de 1823. Se reconoce que en 1824 se emprendió el desagüe, por el monto de los gastos erogados, pero como una compensacion, á la vez que se reconquistaba el terreno, los productos del laborío aumentaron, y con ellos las utilidades.

Pactado el avío de la mina por la Compañía Anglo Mexicana, durante un término de diez y seis años, se principió el desagüe el 1º de Febrero de 1825, con ocho malacates grandes colocados alrededor del gran tiro general, movidos por caballos, en momentos en que el agua guardaba un nivel de 185 varas [155 metros], bajo el brocal del tiro. Los resultados numéricos, pues, que presenta el estado relativo á ese mismo año, parecen corresponder al disfrute sistemado de este nivel para arriba, y excluyendo por tanto los gastos de desagüe emprendidos por los aviadores; gastos de gran cuantía, pues que, segun Ward, el total desembolso en Setiembre 1º de 1826, era de 672,264 pesos, incluyendo los 24,000 pesos anuales de "alimentos" pagados á los dueños. En el curso de veintiun

meses de trabajo incesante dia y noche, bajó el nivel del agua otras 185 varas (155 metros). [1]

Atrevido fué el trabajo de emprender el desagüe de una mina de tan extensos y amplios labrados como la de Valenciana, por medio de malacates comunes, y para ello fué preciso, además de resignarse á un crecido gasto, someterse á una constancia no interrumpida durante el largo período que fuera necesario para realizarlo. El buen éxito del dsagüe al cabo del tiempo fué la resolucion del problema; mas sin embargo de la renuencia de los agentes de la Compañía Anglo Mexicana para establecer en Guanajuato maquinarias europeas, renuencia que bien deja conocer Mr. Ward en su narracion, en 1829 quedó establecido un malacate de vapor en el mismo tiro general para aplicarlo al desagüe.

Se puede pues, decir que el productivo y gran disfrute iniciado por el primer Conde de la Valenciana [quien falleció en Guanajuato el 26 de Agosto de 1786] continuó sin interrupción en vasta escala hasta el principio de la guerra de insurreccion en 1810, y de esa época en adelante fué declinando hasta considerarse necesario el auxilio de la Compañía aviadora Anglo-Mexicana en 1825.

Esta Compañía fracasó en Valenciana así como en todas las empresas mineras que acometió en este pais, elevándose la pérdida, en esta sola mina, á la elevada cifra de 800,000 pesos, segun Tilmann, [2] habiendo invertido además, en la empresa, el valor de los productos provenidos del laborío, que no fueron pequeños, segun puede verse por el resúmen siguiente, tomado tambien de Tilmann:

| | |
|---|---|
| En 1829 líquida utilidad de la explotacion..... | $ 248,092 |
| En 1830 » » ..... | 40,976 |
| En 1831 » » ..... | 154,145 |
| En 1832 » » ..... | 21,173 |
| | $ 464,386 |
| En 1828 líquida pérdida de la explotacion..... | 136,478 |
| Abono general al fin de 1832..... | $ 327,908 |

Se desconocen los resultados numéricos de 1833, en cuyo año el *cólera morbus* epidémico hizo grandes estragos en la poblacion

1 *Mexico in* 1827. Vol. II.—p. 82 y 443.

2 Opúsculo citado, página 25.

de Guanajuato; pero ellos deben haber sido malos, supuesto que en 1834 Don Juan de Dios Pérez Gálvez, persona que despues ocupó un lugar prominente en la industria minera guanajuatense, entró á formar sociedad, á nombre de la casa que representaba, con la Compañía Anglo-Mexicana, para proseguir los trabajos de Valenciana, hasta el año de 1836, en el que se disolvió la sociedad por la separacion de la Compañía Anglo-Mexicana.

Los resultados económicos de estos tres años fueron los siguientes:

| | | |
|---|---|---|
| En 1834 líquida utilidad de la explotacion..... | | $ 62,170 19 |
| En 1835 » pérdida » ..... | $ 33,187 42 | |
| En 1836 » » » ..... | 2,700 19 | 35,887 61 |
| Líquida utilidad de los tres años..... | | $ 26,129 58 |

De 1837 en adelante, la casa de Pérez Gálvez quedó como aviadora de la mina, y ejecutando un desagüe incompetente con el malacate de vapor, de 1837 á 1841, ó bien simplemente trabajando de aguas para arriba, obtuvo los resultados siguientes, segun el cuadro de Tilmann, que paso á trascribir:

| AÑOS. | Valor de la produccion. | Importe de los gastos. | Utilidades. | Pérdidas. |
|---|---|---|---|---|
| 1837..... | 137,767 | 160,805 | ..... | 23,038 |
| 1838..... | 179,337 | 95,635 | 83,701 | ..... |
| 1839..... | 152,131 | 81,051 | 71,080 | ..... |
| 1840..... | 252,143 | 101,921 | 150,224 | ..... |
| 1841..... | 223,066 | 150,376 | 72,690 | ..... |
| 1842..... | 159,165 | 114,684 | 45,080 | ..... |
| 1843..... | 163,727 | 137,375 | 26,352 | ..... |
| 1844..... | 122,172 | 127,274 | ..... | 4,502 |
| 1845..... | 139,174 | 99,088 | 39,675 | ..... |
| 1846..... | 57,303 | 63,776 | ..... | 6,473 |
| 1847..... | 28,658 | 38,762 | ..... | 10,104 |
| 1848..... | 26,609 | 29,724 | ..... | 3,115 |
| Sumas... | $ 1.642,457 | 1.200,906 | 488,802 | 47,232 |
| | | Deduccion..... | 47,232 | |
| | | Utilidad líquida | 441,570 | |

OBSERVACIONES.—La casa de Pérez Gálvez benefició los frutos en sus haciendas, obteniendofuera de los 441,570 pesos de utilidad de mina, otra correspondiente á la "maquila" [ó sea al tratamiento de los minerales], que se puede estimar en 150,000 pesos.

"La misma casa de Pérez Gálvez, continúa el Señor Tilmann,[1] se disponía á comprar grandes maquinarias para el desagüe, cuando su atencion fué distraida con motivo de las colosales bonanzas que obtuvo en las minas de la Luz. Se suspendió en consecuencia el desagüe de Valenciana para llevar á cabo la grande obra del tiro de la Asuncion, que desgraciadamente fracasó, costando cerca de 600,000 pesos. Aun cuando únicamente se hubiera empleado parte de esta suma en Valenciana, la casa de Pérez Gálvez no tendria necesidad de buscar capital ajeno para sus minas.

"Despues de la bonanza de la Luz, Valenciana quedó casi abandonada por falta de capital, consiguiente á la depresion minera de 1857 á 1862."

Algunos años más tarde, hasta 1866, esta mina tan justamente célebre, continuó en el mismo estado supremo de postracion, y en 1867 fué cuando se principió la actual rehabilitacion de Valenciana, debido á la inteligente iniciativa y constancia á toda prueba del Ingeniero Don Francisco Glennie, otro de los hombres prominentes en la historia de las minas guanajuatenses.

La decadencia de los negocios mineros de la casa de Pérez Gálvez—casa que por la muerte de la Señora Doña Francisca pasó á ser propiedad del Señor Don Miguel Rul—habia continuado por una serie de circunstancias que seria largo enumerar, cuando el Señor Glennie, gerente de los negocios del Señor Rul en Guanajuato, inició la empresa de intentar el desagüe de la mina de Valenciana de una manera aunque muy parcial, pero á la vez muy económica, en momentos en que el nivel del agua se encontraba á sesenta y tres y medio metros bajo del brocal del tiro gegeneral. Agotados los laboríos altos accesibles, el proyecto consistía en bajar el nivel de las aguas en cierto trayecto, con el fin de acometer la explotacion de los atierres y restos antiguos que hubieran sido incosteables en otras épocas, y aprovechables despues, en virtud de una mayor economía en las operaciones de mina y en las de beneficio.

En dicho año de 1867, el Señor Glennie estableció la comunicacion entre el ya existente Socavon de Dolores y la mina de Te-

1 Opúsculo citado, página 26.

peyac, vecina de la de Valenciana y comunicada de antemano con ella; pero fué preciso para el objeto efectuar otras obras nuevas de comunicacion en los sitios convenientes, con cuyo motivo se emprendieron otros labrados que sacaron un costo de $ 704.59. Se logró con esto el desagüe espontáneo de treinta metros verticales en las dos minas citadas, de Valenciana y Tepeyac.

En 1870 se colocó una rueda de noria [de 2.$^{m}$72 de diámetro], en el claro del tiro, al nivel del agua en el tiro del Tepeyac, [á 90.$^{m}$5 de profundidad], á la cual se le dió movimiento por medio de un malacate exterior tirado por seis caballos, y un cable sin fin convenientemente guiado con el auxilio de argollas fijas en maderos asegurados en los costados del tiro, y provistas de una polea. Con este sencillo mecanismo, en diez y siete semanas bajó el vasto nivel del agua 12.8 metros.

Durante los años de 1871, 72 y casi la mitad de 73, se efectuó un desagüe lento de malacates, obteniendo las bajas siguientes en el nivel del agua:

| | | | | Bajas. |
|---|---|---|---|---|
| En 1871 se extrajeron | 288.088 | botas de agua..... | | 47.00 metros |
| En 1872 » | 407,153 | » | » ..... | 41.31 » |
| En 1873 » | 173,989 | » | » ..... | 7.54 » |

El contenido de cada bota, en promedio, se puede estimar en 656 kilógramos [57 arrobas]. Con todas las operaciones mencionadas se logró desalojar el agua de una altura vertical de 108.$^{m}$65, con un costo total de $ 57,544 69 cs. [1]

"El primer punto que se tocó, dice el Señor Don Miguel Rul, [2] calificado antiguamente de *inaccesible* se explotó con provecho, y la vieja mina se colocó otra vez en primer lugar como productora de "carga" ó sea de frutos metálicos, aunque de bajas leyes.

"Ocurrió entónces al Señor Glennie aplicar otra idea, muy notable, cuyos pormenores se publicaron en su época: [3] "ejecutar el desagüe por medio del agua;" esto es, derivar, como se va á ejecutar ahora para surtir á la ciudad, el curso ó corriente de la Ca-

1 Estas notas están tomadas de un interesante resúmen relativo á la mina de Valenciana, formado por el laborioso Administrador Don José Espinosa. Manuscrito que debo á la amabilidad de mi buen amigo el Señor Glennie.

2 *Boletín de la Sociedad guanajuatense de Ingenieros.* Tomo I, Guanajuato 1888, página 68.—Artículo relativo á la descripcion de los *toneles Glennie.*

3 *Anales de la Sociedad Humboldt,* núm. 15.—1871.

ñada de Esperanza; precipitarlo por el tiro general, y hacerlo salir por una sangría ó cañon horizontal á 110 metros de profundidad vertical, y producir así una fuerza considerable, que diese impulso á una máquina de columna de agua, sistema de las de Huelgoat en Francia. Muy adelantado el túnel, que se ha concluido últimamente por contrato con el Gobierno, se suspendió entónces [1] judicialmente su continuacion, y fué preciso fijarse en otra cosa."

"Entorpecido el proyecto, dice el mismo Señor Rul, en un interesante opúsculo, [2] lo que equivalía á grandes gastos ó á mayores demoras judiciales, he tenido el gusto y la fortuna de poder llevar á cabo la restauracion y desagüe de la célebre mina en sociedad con seis ú ocho amigos constantes y respetables, sirviéndonos de motores de vapor y de unos cubos adaptados expresamente para su servicio por el Señor Glennie, los que funcionan mecánicamente para vaciar su contenido."

En la primera quincena de Agosto de 1872, comenzó el período de la Compañía aviadora, que vino á asociarse al Señor Rul para continuar el desagüe y explotacion de la mina de Valenciana, tal como lo expresan los renglones anteriores; pero hasta el 9 de Junio de 1873 fué la inauguracion solemne del desagüe, emprendido con cuatro malacates de vapor, traídos de Inglaterra y montados expresamente con este objeto, habiendo sido su costo total, con instalacion, de 54,000 pesos próximamente.

"Estas máquinas, dice mi ilustrado amigo el Ingeniero Don Santiago Ramírez, en una interesante obra, [3] se estrenaron el 9 de Junio de 1873, siendo ésto el motivo de una ceremonia solemne, significativa, conmovedora y tierna, cuyo recuerdo se conserva fresco en el Mineral en que se verificó, y que no resisto al placer de consignar brevemente en esta reseña.

Desde algunos dias ántes, todos los círculos mineros, y aún podríase decir, todos los círculos sociales, se agitaban al impulso de un grande acontecimiento.

En la mañana del dia fijado para su realizacion, toda la culta, elegante y piadosa sociedad de Guanajuato llenaba el tem-

1 *Riqueza Minera*, página 423. Santiago Ramírez.

2 Titulado "*Asuntos Mineros.*"—México.—1881, página 65, ó bien en la reproduccion que hizo el periódico "*Minero Mexicano*" tomo VIII, pág. 476.

3 *Noticia histórica de la Riqueza Minera de México*—M.éxico, 1884.—página 426.

plo, que profusamente iluminado y adornado con el gusto y la sencillez que corresponden á la majestad y á la magnificencia del culto católico, se disponía á la celebracion de una fiesta clásica.

La Misa comenzó: la Fe hacia latir los corazones, las plegarias hacian mover los labios; el perfume del incienso impregnaba la atmósfera; las notas de la música sagrada derramaban sus melodiosas vibraciones sobre todos los oidos..... En el instante de la elevacion, cuando el sacerdote pronunció las misteriosas palabras que realizan el prodigio de los altares; cuando todas las rodillas tocaban el suelo; cuando las campanillas se agitaban y cuando los bronces de la torre detenían el paso y descubrían la cabeza de los transeuntes, á una señal hábilmente dispuesta, y con inquietud esperada por los vigilantes de la mina, todas las válvulas de los silbatos se abrieron, las columnas de vapor, aprisionadas en las calderas, se escaparon, y en todo Guanajuato, y bajo las bóvedas del augusto templo, se escucharon los pitos, que en unísono, constante y expresivo eco, anunciaron que el desagüe podia ya comenzar, y que la inteligencia, la industria y el trabajo, imploraban, por la robusta voz de sus más poderosos agentes, las bendiciones del cielo.

"Terminada la misa, y trasladados los circunstantes al tiro, el sacerdote bendijo las nuevas máquinas que empezaron á funciocionar, extrayendo en presencia de miles de espectadores enormes masas de agua, que al salir de centenares de metros de profundidad, se derramaron en la superficie, mezcladas con algunas gotas, arrrojadas sobre ellas por el hisopo del Ministro de Dios. Despues de esto las máquinas siguieron funcionando durante ocho horas, en cuyo tiempo sacaron 49,000 arrobas de agua, [563,802 litros], de la profundidad de 184 metros [desarrollando un trabajo de 48 caballos de vapor, ó bien de doce por cada máquina]. El trabajo útil de las máquinas se fijó en dos metros semanarios: resultado en extremo satisfactorio, atendida la inmensa extension ocupada por el agua, y de la cual se tendrá una idea, al saber que el descenso de 1.98 metros, fué debido al trabajo de 3,758 toneles, que extrajeron 375,800 arrobas de agua próximamente [4,324 metros cúbicos]."

Los resultados de esta operacion habian sido hasta el 23 de Agosto de 1884, además del completo desagüe de la mina, la ex

traccion de 153,924 toneladas métricas de frutos [955,538$\frac{3}{14}$ cargas de 14 arrobas], con un valor total de $ 2.384,134 57 cs., sin incluir la produccion de repepena de terrenos. La deuda de la mina en 16 de Agosto del mismo año era de 650,277 pesos, de los cuales eran deducibles, al ménos 100,000 pesos por el valor de las existencias de almacen, enseres, maquinarias y útiles.

Estando basado el coavío en que los socios adquieran la carga que produce la mina proporcionalmente á los participios que representan, logrando una utilidad en el beneficio, mayor que la comun y corriente; muy bien puede encontrarse el negocio minero todavía adeudado por no haber reembolsado á los socios, y sin embargo estar estos ya en utilidades líquidas por el provecho logrado en el beneficio de una masa abundante de frutos. En efecto, habiendo producido la mina 104,512 montones de á 32 quintales, suponiendo que por cada monton logren una utilidad *extra* de 4½ pesos, ella viene á ser en la masa total, de 470,304 pesos, con lo cual la deuda de mina viene á reducirse para los socios á 190,000 pesos, y esto fuera de la utilidad corriente asegurada en la maquila.

Esta sencilla combinacion económica proporcionó socios para una empresa de grande importancia, en un distrito minero en el que la decadencia general de las minas, despues de la bonanza de la Luz, trajo consigo, el fomento obligado de ellas por los dueños de haciendas de beneficio; quienes amenazados de tener que paralizar sus giros, y por consiguiente arruinarse, se vieron en la necesidad de proteger á los mineros, mediante contratos para efectuarles anticipos de numerario, á cuenta de la carga producida por las minas. Pero en la generalidad de los casos, no siendo la cantidad anticipada suficiente para sistemar la explotacion, ni el minero podia quedar en situacion de cumplir los compromisos que adquiría, ni el beneficiador competentemente asegurado de lograr la cantidad de carga mineral necesaria para alimentar plenamente su hacienda. Estas operaciones en detalle entre los mineros y beneficiadores, eran, pues, defectuosas é insuficientes para sostener indefinidamente la marcha de los negocios. El mérito de las combinaciones del Señor Glennie, á fin de encontrar el capital necesario para el coavío de la mina de Valenciana, y más tarde para el avío efectuado por la Sociedad "La Concordia" de las

minas de Mellado y Rayas, consistió en armonizar inteligentemente los intereses de los mineros con los de los beneficiadores. Aquellos han entregado su propiedad minera á éstos por el tiempo que dure el avío, y los beneficiadores fácilmente se han suscrito para tomar parte en el avío, estimulados por la ganancia que les ofrece la percepcion de los frutos de la mina proporcionalmente á sus respectivos participios, mediante una maquila, ó sea abono para retribuir el costo del beneficio, superior á lo admitido como precio corriente de la operacion. Los mineros han logrado con esta combinacion el capital necesario para la marcha de sus minas, y los beneficiadores obtienen ú obtendrán en lo sucesivo, una cantidad de carga mineral proporcionada al capital que han invertido; carga que con seguridad dejará una utilidad mayor que la comun y corriente.

He manifestado estos pormenores, porque ellos han sido de grande interes en el desarrollo y rehabilitacion actual de los más célebres y antiguos laboríos guanajuatenses de Valenciana, Mellado y Rayas, enteramente inundados los primeros hasta el nivel espontáneo de las aguas, y casi inundados los otros y en situacion bien decadente cuando se constituyó la nueva Sociedad aviadora. [1]

Conviene advertir, que Glennie al emprender por la sola casa que representaba el desagüe parcial de Valenciana, fué á manera de una exploracion en grande escala, que demostró la posibilidad de ejecutar por completo tan importante operacion, mediante los anticipos indispensables para la instalacion de los malacates de vapor, y despues, los labrados mismos que se irian habilitando, proporcionarian los recursos necesarios para terminar una empresa, que, á la larga y mediante la economía é inteligencia del trabajo, debería, con casi entera seguridad, solventarse, y despues continuar en marcha productiva.

"Estaba asegurada la supremacía de los "Toneles Glennie" y la restauracion de la famosa mina, dice el Señor Rul, [2] que en los veinte últimos años trascurridos, de Enero de 1867 á Enero de 1887, ha tenido un gasto de explotacion importante $ 4.563,910

1 Véase al fin de este tomo las bases de la Sociedad "La Concordia" que me ha parecido de interes incluir por vía de apéndice á lo dicho.
2 *Boletín de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros*, tomo 1. pág. 70.

83 cs.; y desde el 4 de Febrero de 1865 hasta el 19 de Marzo de 1887, una extraccion de 1.395,692¼ cargas de frutos metálicos, de 350 libras [224,826¾ toneladas métricas], bajo la honrada y modesta administracion de Don José M. Espinosa."

Una ojeada retrospectiva sobre las operaciones de la Compañía Anglo-Mexicana, que en 1825 avió, y en los años siguientes desagüó la mina de Valenciana, permite reconocer, con fundamento de los hechos posteriores, que aquella Compañía, que tomó esta mina como su principal empresa, no supo establecer en ella el sistema de explotacion conveniente, bien fuera por la falta de una apreciacion exacta de las circunstancias de localidad, como es lo más probable, ó bien porque los directores no tuvieron la suficiente inteligencia en el giro del negocio, supuesto que el capital no estuvo en deficiencia. Aprovechar la abundancia de frutos de leyes bajas, por medio de la inteligencia científica y administrativa de esta industria, he aquí el problema comun y corriente por resolver en las minas antiguas argentíferas mexicanas, al desaguarlas y rehabilitarlas: El costo completo de estas operaciones es por lo general muy fuerte para emprenderlo sin contar con los recursos que los laboríos puedan producir; pero para que estos recursos sean positivos y no se conviertan en gravámen oneroso, es indispensable contar con el aprovechamiento de las masas minerales abandonadas por los antiguos como incosteables en su época, á fin de que estas mismas rindan utilidades, en virtud de una explotacion y un tratamiento más perfecto, y de consiguiente más económico.

Don Juan de Dios Pérez Gálvez, hombre de empresa y de resolucion en los negocios, al afrontar el de Valenciana, al retirarse la Compañía Anglo-Mexicana, manifestó mucha mayor pericia que los ingleses, pues batiéndose en retirada con el nivel del agua, que no pudo mantener estacionario, obtuvo en los primeros nueve años de este trabajo, una utilidad de más de 460,000 pesos, y con esto la conviccion práctica de la bondad del negocio girado bajo mejores condiciones económicas.

La dedicacion del Señor Pérez Gálvez á las empresas mineras de la Luz, y despues su muerte acaecida en Querétaro en 1849, privó á la mina de Valenciana de este hombre, que más ó ménos tarde se hubiera consagrado á su rehabilitacion.

Si el Señor Glennie se ha dado á conocer como hábil negociante minero al organizar las Compañías para el coavío de Valenciana, y más tarde para el avío de Rayas y Mellado, como ingeniero ha dado pruebas de su inteligencia al sistemar el desagüe en estas minas. Los ensayos efectuados para practicar esta operacion por medio de malacates comunes en Valenciana, de 1871 á 1873, demostraron que aun á no grandes profundidades, el costo del caballo de vapor de efecto útil por hora era de 23 á 28 centavos de peso.[1] Segun Tilmann,[2] costaba á la Compañía Anglo-Mexicana, en 1827, el caballo de vapor de efecto útil por hora en el desagüe, 22 centavos de peso. Segun los datos tomados en principios de 1882 por el jóven Ingeniero guanajuatense Don Alejandro Mendoza, el costo del caballo de vapor de efecto útil por hora en el desagüe, era, en las minas que se expresan, el siguiente:

| | |
|---|---|
| En Valenciana, con tres malacates de vapor de los inaugurados en 1873, de una profundidad media de 427 metros, y una cantidad de agua por tonel de 1,138 kilógramos. [99 arrobas]..... | 14½ cs. |
| En Cata, con un malacate de los de Valenciana, trasladado á esta mina [de 250 metros verticales, con toneles conteniendo 1,725 kilógramos ó 150 arrobas de agua]..... | 12½ ,, |
| En Rayas, con tres malacates comunes, de una profundidad media de 212 metros, con toneles conteniendo 692 kilógramos [60 arrobas] de agua..... | 20 ,, |
| En Sirena, con un malacate comun, de una profundidad media de 31½ metros [para derramar en el socavon] con toneles conteniendo 808 kilógramos (71 arrobas) de agua..... | 21½ ,, |

Posteriormente el Señor Glennie estableció un malacate de vapor más poderoso en Valenciana, y otro en Cata, con toneles conteniendo respectivamente 2,300 kilógramos [200 arrobas] y 2,645 kilógramos [230 arrobas] de agua. El costo por hora y por caballo de vapor de efecto útil, ha resultado en estas máquinas de 10 á 12 centavos.

En fin, el malacate de vapor más perfecto establecido por la

1 Tales son los costos que se obtienen calculando en conjunto los resultados de 1873 y de 1872, como los presenta el resúmen numérico del Administrador Don José M. Espinosa, citado anteriormente.

2 *Der Bergbau und das Amalgamations—Verfahren in dem Bergwerks—District von Guanajuato in Mexico* Münster 1886.—p. 36.

Sociedad "La Concordia" bajo la direccion del mismo Señor Glennie, para el desagüe de las minas de Mellado y Rayas, en el gran tiro general de esta última, levanta unos toneles cuya capacidad es de 3,450 kilógramos [300 arrobas] de agua. El desagüe de ambas minas se ha completado en treinta y cuatro semanas de trabajo, bajando el nivel hasta colocarlo á 382 metros bajo el brocal del tiro, resultando en promedio de todo el trabajo por hora y por caballo de vapor de efecto útil, un costo de $9\frac{8}{10}$ centavos de peso, [1] ó sea ménos de la mitad del que resulta con malacates comunes.

Con semejantes ventajas económicas en la costosa operacion del desagüe, bien se comprende que Glennie haya logrado en estas minas, con provecho, lo que no pudieron realizar en Guanajuato la Compañía Unida en Rayas y la Anglo-Mexicana en Valenciana y Mellado.

Suponiendo que Valenciana únicamente necesite emplear durante nueve meses del año treinta caballos de vapor de efecto útil, para dominar por completo las aguas durante el período correspondiente á la estacion de la seca, y cincuenta caballos para los tres meses restantes, correspondientes al aumento producido por las lluvias, se necesitarian en promedio para todo el año, treinta y cinco caballos de efecto útil, que á razon de once centavos por hora cada uno, costarian al año 33,726 pesos. Destácase desde luego la importancia de la economía obtenida, en razon de que esta operacion costaba á la Compañía Anglo-Mexicana el doble, sin por esto garantizar su eficacia; supuesto que sin la reserva consiguiente de malacates y de animales adaptados á este servicio, para atender á las afluencias periódicas de las aguas [reserva que haria más oneroso el costo], no seria posible evitar las invasiones de los laboríos inferiores; miéntras que en las máquinas de vapor prudentemente calculadas de antemano con todos los datos de localidad, y bien instaladas, siempre tienen disponible potencia de reserva, en términos de que las afluencias extraordinarias pueden vencerse sin sérias dificultades materiales, y sin exagerados gravámenes económicos.

1 Véase el interesante *Memorandum* relativo á esta maquinaria, del inteligente y laborioso ingeniero Don Francisco Reynoso, en el Boletín de la *Sociedad guanajuatense de Ingenieros*, tomo 1—Guanajuato—1888, p.—29.

La realizacion del desagüe de Valenciana, que no pudieron efectuar con ventaja para los buenos resultados económicos de toda la explotacion, ni la Compañía Anglo-Mexicana, ni despues Don Juan de Dios Pérez Gálvez, pudo lograrlo posteriormente el Señor Glennie, consolidando con este buen éxito una empresa lucrativa que promete ser de larga duracion.

No solamente en Valenciana obtuvo el Señor Pérez Gálvez utilidades líquidas que los ingleses no lograron adquirir, sino tambien en la vieja Mina de Mellado [que formó con la Mina de Cata la riqueza de los Marqueses de San Clemente en principios del siglo pasado], desaguada por la Compañía Anglo-Mexicana y abandonada por ella, reportando una pérdida de cien mil pesos, segun Tilmann; rindió posteriormente á la casa del Señor Pérez Gálvez los siguientes productos, obtenidos de una explotacion en retirada, de aguas para arriba.

*Estado que manifiesta los sobrantes y faltantes de la mina de Mellado de* 1831 *á* 1860.[1]

| | | SOBRANTES. | | FALTANTES. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Pesos. | Cs. | Pesos. | Cs. |
| Año de 1831 | $ | 8,247 | 12 | | |
| ,, 1832 | | 42,195 | 50 | | |
| ,, 1833 | | 42,398 | 88 | | |
| ,, 1834 | | 45,073 | 25 | | |
| ,, 1835 | | 58,371 | 50 | | |
| ,, 1836 | | 175,191 | 75 | | |
| ,, 1837 | | 108,800 | 00 | | |
| ,, 1838 | | 121,600 | 00 | | |
| ,, 1839 | | 201,766 | 62 | | |
| ,, 1840 | | 252,348 | 25 | | |
| ,, 1841 | | 134,400 | 00 | | |
| ,, 1842 | | 76,800 | 00 | | |
| ,, 1843 | | 134,400 | 00 | | |
| ,, 1844 | | 128,000 | 00 | | |
| ,, 1845 | | 70,400 | 00 | | |
| ,, 1846 | | 19,200 | 00 | | |
| ,, 1847 | | 16,798 | 13 | | |
| A la vuelta | | 1.635,991 | 00 | | |

1 Copia de un documento perteneciente á la despues extinguida casa de Doña Victoria Rul, viuda de Don Juan de Dios Pérez Gálvez.

| | SOBRANTES | | FALTANTES. | |
|---|---|---|---|---|
| | Pesos. | Cs. | Pesos. | Cs. |
| De la vuelta..... | 1.635,991 | 00 | | |
| ,, 1848..... | | | 18,791 | 25 |
| ,, 1849..... | | | 28,048 | 75 |
| ,, 1850..... | | | 46,672 | 62 |
| ,, 1851..... | | | 56,745 | 38 |
| ,, 1852..... | 47,420 | 88 | | |
| ,, 1853..... | | | 30,987 | 37 |
| ,, 1854..... | 14,467 | 50 | | |
| ,, 1855..... | | | 3,319 | 75 |
| ,, 1856..... | 3,427 | 00 | | |
| ,, 1857..... | 23,891 | 25 | | |
| ,, 1858..... | 16,260 | 75 | | |
| ,, 1859..... | 2,421 | 25 | | |
| ,, 1860..... | 942 | 62 | | |
| | $ 1.744,822 | 25 | 184,565 | 12 |
| | 184,565 | 12 | | |
| Líquida utilidad en 30 años | $ 1.560,257 | 13 | | |

Estos ejemplos tan importantes relativos á Mellado y Valenciana, demuestran de una manera terminante lo que ya ántes he asentado, y es que no fué el agotamiento de las minas mexicanas lo que hizo fracasar á las Compañías inglesas que vinieron á explotarlas poco despues de nuestra Independencia; supuesto que despues de su retirada, ambas minas produjeron no escasos productos líquidos, y quizá dentro de pocos años, mediante el buen éxito de estas mismas minas, y de la de Rayas, caso de lograrse con su actual rehabilitacion, quedará aun mejor demostrado lo expuesto con el lenguaje irreprochable de los números.

"La tercera mina habilitada por la Compañía Unida en Guanajuato, dice Mr. Ward, [1] es Cata, una de las más antiguas. Esta no adquirió gran celebridad hasta el principio del último siglo, cuando fué explotada á la vez que Mellado por Don Francisco Matías de Busto, despues Marqués de San Clemente, persona célebre por su riqueza en aquel tiempo. Cata ocupa el conjunto del valle de este nombre: su máxima profundidad es de trescientas sesenta varas. La mina ha quedado desaguada y enteramente ha-

1 *Mexico in* 1827, vol. II, p. 457.

bilitada por medio de la maquinaria mexicana, en catorce meses, con un desembolso que no ha excedido de 255,000 pesos."

Puede decirse que desde la célebre bonanza de Cata en principios del siglo pasado, esta mina no se ha hecho notable por sus grandes rendimientos. El plan de su tiro general, situado á 255 metros bajo del brocal, se encuentra á cincuenta metros sobre los planes de la mina, y por consiguiente en condiciones desfavorables para habilitarlos; pero una simple ojeada sobre la formacion de la Veta Madre en esta region permite estimar, que el dia en que este tiro pueda profundizarse cien ó ciento cincuenta metros más, esta mina llegará á figurar entre las de mayor rendimiento.

Cuando se tiene á la vista una region minera tan interesante como la de la Veta Madre, region que justamente se ha hecho célebre por las riquezas que ha producido y por las fortunas que ha labrado, se hace muy sensible la falta de datos históricos y estadísticos para comparar en debida forma los diversos tramos de tan singular criadero, bajo el punto de vista de sus productos, en cuanto á su ley y su cantidad. No hay que dudar que más ó ménos tarde, con la cooperacion de las diversas negociaciones mineras, los ingenieros y personas dedicadas á este giro emprenderán trabajos numéricos de este género para mejor conocer las regiones explotadas. Entretanto, simplemente se puede consignar como una apreciacion fundada en la tradicion, que las minas de la Veta Madre que han rendido mayores productos son las comprendidas entre Valenciana y Santa Anita.

Si los datos escasean respecto de las minas de mayor importancia, aun ménos se conocen los relativos á las demás regiones de tan importante Veta.

Insistiré en recalcar una vez más, que el período de avío de las minas guanajuatenses iniciado en 1825, tomado en conjunto, tiene una importancia histórica notable.

Las principales minas que avió la Compañía Anglo-Mexicana en Guanajuato fueron: Valenciana, Mellado, Tepeyac, Sirena y Villalpando, y la Compañía Unida Mexicana las de Rayas, Sechó, Cata, La Calera, San Roquito, San Rafael, La América y Guadalupe.

La primera tenia que pagar anualmente, por alimentos, á los

accionistas de las minas 88,000 pesos, y sus desembolsos más importantes habian sido hasta fines de 1826, segun Mr. Ward:

| | |
|---|---|
| En Valenciana | $ 672,264 |
| En Sirena | 255,201 |
| En Villalpando | 84,000 |
| En Mellado no aparecia deuda | 0.000,000 |
| Principales desembolsos en las minas | $ 1.011,465 |
| Invertido en la Hacienda de San Agustin | 116,365 |
| Id. „ „ Pastita | 42,860 |
| Desembolsos principales | $ 1.170,690 |

Así pues, ántes de cumplir dos años de trabajo, la Compañía Anglo-Mexicana habia invertido en sus empresas de mayor importancia más de un millon y doscientos mil pesos, contando con los alimentos. El número total de minas que tomó en avío en Guanajuato fueron veinte, y el de Haciendas habilitadas para el beneficio nueve. Ocupaba para el desagüe de las minas 3,100 animales, y para los fletes de frutos á las haciendas 400.

La Compañía Unida, por su parte, tenia como principales desembolsos en las minas, en la misma época, 412,000 pesos en el desagüe de la mina y en la profundizacion del tiro general de Rayas, y 255,000 pesos invertidos en el desagüe y habilitacion de la mina de Cata.

Se comprende perfectamente que en un distrito minero reducido en el valor de su produccion, en el período de 1821 á 1825, de la décima á la octava parte del monto de los años más florecientes, la decadencia en los negocios de la comarca, que no tiene otros elementos de sostenimiento que las minas, haya llegado á un estremo de postracion completo. En consecuencia, las importantes cantidades de numerario puestas en circulacion por las Compañías inglesas citadas, vinieron á restablecer el movimiento y á reanimar los negocios de la desolada ciudad, reina de las minas mexicanas. Es indudable que si estas Compañías sufrieron grandes pérdidas por el desaprovechamiento del desembolso efectuado, segun lo acabo de demostrar, en razon de no haber tomado la iniciativa en la forma conveniente para la explotacion de las minas, y ni siquiera haberse sabido batir en retirada para obtener ventajas parciales de los desembolsos efectuados, á costa de los cuales Don Juan de Dios Pérez Gálvez pudo lograr no escasos productos líquidos; el distrito minero de Guanajuato sin em-

bargo, quedó beneficiado en alto grado con estas empresas, de cuyo impulso le vino su regeneracion lenta desde luego, y más tarde una prosperidad comparable con la de principios del siglo actual.

El prohombre de estas importantes jornadas de regeneracion, y más tarde de prosperidad, fué el citado Señor Pérez Gálvez, quien secundado por personas inteligentes y laboriosas, al abandonar las Compañías inglesas las minas de Valenciana, Cata, Mellado y Villalpando, en las cuales tenia la totalidad ó una fuerte representacion la familia del primer Conde de la Valenciana,[1] tomó á su cargo estas diversas empresas, logrando obtener las utilidades netas que ántes he consignado relativas á Mellado y Valenciana, y conservando el movimiento de un trabajo activo en las citadas minas, especialmente en las radicadas sobre la Veta Madre; lo cual fué para Guanajuato de grandísima importancia, en una época de transicion, que pudo haber sido de grave ruina, sin la intervencion de una persona que con decidido valor, inteligencia y empeño, tomó á su cargo el laborío de unas minas abandonadas como estériles por poderosas Compañías europeas, que en ellas habían invertido inútilmente cuantiosas sumas para habilitarlas por completo.

Miéntras Pérez Gálvez trabajaba con buen éxito en las antiguas minas de la Veta Madre, su atencion se fijaba tambien en la mina de San Bernabé, que fué la que dió márgen al descubrimiento del distrito minero de Guanajuato en 1548; mina que tambien habia sido aviada y abandonada por la Compañía Anglo-Mexicana. En 1832 se trabajaba con regular éxito en la mina de la Luz, radicada sobre la misma veta, y en 1835 Pérez Gálvez recibia en abono de la deuda que representaba como aviador de ella, la mitad de los sobrantes líquidos semanarios, que de Marzo 28 á Octubre 31 de 1835, importaron $22,279 46. En Abril 25 del mismo año de 1835, se comunicó la mina de la Luz con el Socavon de San Bernabé,

1 "Del primer Conde de Valenciana salieron tres casas: la de aquel título, y las de los Condes de Pérez Gálvez y de casa de Rul; la primera por Don Antonio Obregon hijo del Conde, y las otras por sus dos hijas Doña Gertrudis y Doña Ignacia, casadas con Don Antonio Pérez Gálves y Don Diego Rul." *Alaman, Historia de México.* México.—1849.—Tomo I.—pág. 100, en nota. El Conde Don Diego Rul, Coronel del Regimiento de infantería provincial de Guanajuato, murió el 19 de Abril de 1812 en una de las batallas de Cuautla, y su esposa murió en Enero de 1834.

por medio del pozo de San Mateo, y en 1836, con la compra de este socavon por la Luz, ambas minas quedaron constituidas formando un solo negocio.

Las alternativas de éste obligaron á los dueños á contratarlo en avío en 1838, al Señor Don Marcelino Rocha, persona notable, á quien debió la ciudad de Guanajuato entre otras mejoras, la muy importante de la introduccion del agua potable y el establecimiento de fuentes públicas distribuidas convenientemente. [1]

Más tarde, por escritura de Abril 2 de 1842, Don Juan de Dios Pérez Gálvez, accionista de la Luz, contrató esta mina en avío por el período de once años, contados desde el dia siguiente de la escritura. ¿Quién podria suponer que poco tiempo despues de concluido este contrato, comenzaria en la mina una de las bonanzas más notables en los fastos mineros guanajuatenses?

En efecto, la deuda de esta mina en favor de Pérez Gálvez era la siguiente:

| | |
|---|---|
| Deuda de avío hasta Enero 7 de 1843..... | $ 15,321 |
| Deuda antigua del Socavon de San Bernabé..... | 61,099 |
| Total deuda al efectuarse el dividendo número 1, en Octubre de 1843..... | $ 76,420 |

En Mayo 27 de 1844, con el abono procedente del dividendo número 35, quedó extinguida esta deuda, y la negociacion minera, en plena marcha con sus propios elementos. Sin embargo de que no estaba en el interes del aviador emprender obras de importancia, y por consiguiente de costo, se vió obligado, en vista de la entidad y direccion de los frutos bonancibles, á emprender el tiro de San Juan de Dios en 1846, que llegó á la veta en plena bonanza en el piso del Sacramento. ¡Jamás una obra de esta especie comunicó más oportunamente con labrados subterráneos, demasiado sofocados por falta de ventilacion en sitios de fuerte aglomeracion de operarios ocupados en los disfrutes, como la que acabo de citar!

Conforme se fué reconociendo la importancia y extension de la bonanza en disfrute, se despertó entre algunos mineros la idea de establecerse en las inmediaciones, á fin de posesionarse de su con-

1 Debo á la bondad del Sr. Ingeniero Don Ignacio Rocha, hijo del citado Sr. Don Marcelino, la adquisicion de la mayor parte de las noticias que presento relativas á la Mina de la Luz y Anexas.

tinuacion en la direccion de la veta. Con este objeto una buena parte de los accionistas de la Luz, conocedores de la localidad y de los disfrutes, fincaron un denuncio para situar en 1847 la que despues fué mina de San José de los Muchachos, junto á las pertenencias de la Luz. La empresa que tan ventajosamente pudo colocarse sobre un terreno que prometía inmensas riquezas, trabajó con tal actividad, que en cosa de tres años abrió los tiros de San Miguel y Santa Lucía, y poco despues el de Arcángeles. El primero cortó la veta en bonanza con elevadas leyes de oro.

Por la misma época el Señor Pérez Gálvez, en sociedad con algunas otras personas, emprendieron la atrevida obra del tiro vertical de la Asuncion de la Navarra, con 430 metros de profundidad, y 7½ de diámetro, con la mira de explorar la misma veta de la Luz en profundidad, más abajo de la bonanza en disfrute. El proyecto fué verdaderamente atrevido, y es muy probable que al estudiarlo, se tomara en cuenta la profundidad del tiro general de Valenciana, abierto con el objeto de cortar la Veta Madre, á una profundidad vertical todavía mayor; pero en la Asuncion, despues de un gasto de 600,000 pesos, el éxito de tan cuantiosa y aventurada obra no correspondió á las esperanzas, por haberse cortado la veta de la Luz, por medio del crucero de registro, á los 419 metros, en leyes demasiado bajas.

Al fin del capítulo primero he presentado los productos líquidos de las minas de la Luz y de San José de los Muchachos, reunidas en un solo negocio por la transaccion que dió fin al ruidoso litigio entre ambas. El descubrimiento de este rico depósito metálico que colocó al distrito minero de Guanajuato en otro período de prosperidad, fué debido indudablemente al espíritu de empresa de Pérez Gálvez, digno descendiente del Conde de Valenciana. Aquel, como éste, tuvo la recompensa de sus trabajos supuesto que en su calidad de aviador percibió por sí mismo y despues por sus sucesores, de los dividendos de la Luz, hasta concluir la contrata, 3.334,000 pesos. A esta cantidad hay que agregar lo que le correspondió en su calidad de simple accionista.

Como un episodio minero que no carece de interes hay que advertir, que al acercarse el final de la contrata de avío en Abril 3 de 1853, la bonanza aún no concluía, y le fué preciso al representante del aviador forzar la produccion de frutos por medio de

operarios al partido, para aprovechar el tiempo con cuanta ventaja le fuera dable. Para formar una comparacion, trascribiré el monto de los catorce últimos dividendos pertenecientes á la época de la contrata de avío, y la de los catorce primeros efectuados despues de ella.

| Numero de órden. | Dividendos últimos del avío. | Número de órden. | Primeros dividendos despues del avío. |
|---|---|---|---|
| 365..... | $ 60,000 00 | 1..... | $ 12,201 85 |
| 366..... | 72,000 00 | 2..... | 8,666 88 |
| 367..... | 56,000 00 | 3..... | 8,175 42 |
| 368..... | 20,000 00 | 4..... | 11,015 35 |
| 369..... | 50,000 00 | 5..... | 6,701 93 |
| 370..... | 74,000 00 | 6..... | 7,049 06 |
| 371..... | 55,000 00 | 7..... | 9,337 20 |
| 372..... | 75,000 00 | 8..... | 4,841 29 |
| 373..... | 81,000 00 | 9..... | 10,996 93 |
| 374..... | 26,000 00 | 10..... | 3,177 04 |
| 375..... | 20,000 00 | 11..... | 5,549 53 |
| 376..... | 45,000 00 | 12..... | 4,100 69 |
| 377..... | 22,000 00 | 13..... | 4,321 79 |
| 378..... | 12,443 03 | 14..... | 5,174 80 |
| | $ 668,443 03 | | 101,309 76 |

Diferencia en favor del primer grupo, $ 566,733 pesos.

La muerte sorprendió al Señor Pérez Gálvez cuando la bonanza de la Luz y la de San José de los Muchachos se encontraban en su apogeo. Antes de concluir su mision sobre la tierra, tuvo la satisfaccion de palpar el producto de sus fatigas y asiduos trabajos, producto que fué como pingüe cosecha obtenida de una buena tierra cultivada con prolijo afan.

Digno es de llamar la atencion del estadista, el influjo notable que ejercieron los productos de esta bonanza sobre el orígen y desarrollo demasiado rápido de una poblacion situada en las cumbres de unas montañas, pocos años ántes agrestes y solitarias, y sobre el floreciente desarrollo de los trabajos emprendidos por otras empresas, estimuladas por el éxito notablemente lisongero de la Luz y de San José de los Muchachos. Difícilmente bajo la benéfica influencia de otro ramo de industria, se improvisan poblaciones como las que surgen al lado de las ricas y prósperas minas de metales preciosos.

En efecto, en 1850, sobre estas desiertas regiones pocos años ántes, el número de minas en laborío y de cateos dispuestos á formalizar sus trabajos sobre las mismas vetas, y sobre las comarcanas, pasaba de sesenta, y la masa de la poblacion agrupada en la proximidad de las minas, y particularmente cerca de la Luz, llegaba, segun el censo de aquella época, á veinticuatro mil habitantes.

Despues de la muerte de Don Juan de Dios Pérez Gálvez, del hombre avizor y de varonil empresa para los negocios, su casa continuó girando en la órbita que le dejó marcada, hasta la conclusion de la célebre bonanza, y la de algunos clavos aislados disfrutados principalmente en las minas de Purísima y del Rosario, en las cuales han representado fuerte participio los sucesores de aquel notable personaje.

Despues de la conclusion de esta bonanza, y pasado el período de apogeo de todo el grupo de minas situadas sobre las vetas de la poblacion de la Luz, sobrevino una época decadente para casi todas las minas de Guanajuato, de 1860 á 1865; que se acentuó aún más con motivo de la sequía de 1863, precursora de la escasez de granos y de forrajes del siguiente año; escasez y por consecuencia carestía que originó un marcado desequilibrio en las empresas mineras y en la marcha de las haciendas de beneficio, con motivo del crecido número de animales que unas y otras necesitaban para el movimiento de sus aparatos, efectuado en la casi totalidad por fuerza animal.

En la mina de Cata se suspendió el desagüe emprendido pocos años ántes, y en razon de la escasez de carga, las haciendas de beneficio tuvieron que apelar á la compra en grande escala de frutos pepenados de los terreros, entre los que se distinguió por su crecida produccion el de la antigua Mina de Fraustros, perteneciente á Mellado. En veinte años trascurridos de 1864 á 1884, este terrero ha producido 289,955 toneladas métricas de frutos [1.800,000 cargas de 14 arrobas] arrancadas en parte del creston de la veta.

Aparte de la precisa division de intereses, por un lado la rápida y completa ruina de Doña Victoria Rul, viuda de Pérez Gálvez, en consonancia con la del hijo de ambos, Don Jorge, y por el otro, la marcada decadencia de las empresas mineras de Doña

Francisca Pérez Gálvez, hermana de Don Juan de Dios, y su socia en los negocios, por la reunion del capital que ambos habian heredado, colocó á Doña Francisca, única partícipe en la antigua casa, en tan difícil situacion en el giro de los asuntos mineros de Guanajuato, por deficiencia de capital en numerario, que Don Guillermo Brockmann, gerente local de la Señora, consideró preciso marchar á Europa en solicitud del capital que calculó indispensable para encarrilar la marcha de las empresas de Guanajuato, en una probable vía productiva.

Con esta mira publicó Brockmann en 1866, en Münster, el opúsculo en idioma aleman escrito por el Refrendario de minas Señor Tilmann; opúsculo que con alguna frecuencia he tenido ocasion de citar. La mision del Señor Brockmann habiendo fracasado, los asuntos de la Señora Pérez Gálvez continuaron en Guanajuato con una marcha difícil bajo la gerencia del Ingeniero Don Francisco Glennie, quien tuvo que desplegar una constancia y un afan perseverante y entendido para conseguir encarrilar, al principio sin capital ajeno, y despues con el prudente y entendido concurso de éste, tan vastas empresas en una marcha próspera en lo general, y todavía de mejor espectativa para el porvenir.

Si Don Juan de Dios Pérez Gálvez es un personaje altamente importante en la historia de las minas guanajuatenses, acogiendo bajo su ejida sin grandes reservas de dinero las negociaciones en las que tenia parte su casa, al abandonar con tan escaso cálculo las minas que tuvieron en avío las Compañías inglesas; no es ménos interesante la figura de Glennie, al tomar á su cargo un grupo no corto de minas en movimiento, no solamente sin reservas de dinero, sino aun lo que era peor, con los futuros frutos de las minas enajenados por cierto tiempo para entregarlos á los dueños de las haciendas de beneficio, en compensacion de los anticipos pecuniarios que estos habian efectuado en cuenta de dichos frutos. La situacion no pudo ser más dura, y para salvarla y despues tomar la iniciativa en los negocios, fué preciso resolver un problema ciertamente difícil, por medio de trabajos bien medidos y calculados.

El tiempo ha venido á dar á conocer cuan airosamente pudo vencer la precaria situacion de las vastas empresas puestas á su

cuidado, más bien contando con su deferencia que con su voluntad, y cómo consolidó de una manera prudente y estable la marcha de las explotaciones más célebres situadas sobre la Veta Madre. La regeneracion y el ensanchamiento, pues, de los negocios de la casa de Guanajuato que fué de la finada Señora Doña Francisca de P. Pérez Gálvez, y que hoy lo es del Señor Don Miguel Rul, se debe al Señor Glennie. Esta regeneracion es un factor importante en el movimiento general de la industria minera guanajuatense, supuesto que la citada casa por sí y por sus asociados, representa hoy las dos terceras partes de la extraccion de frutos de todas las minas, y constituye además una esperanza fundada de prosperidad para el porvenir.

En cuanto á las célebres minas de la Luz y de San José de los Muchachos, que vinieron á constituirse en un solo negocio con el Tiro de la Asuncion de la Navarra; despues de la célebre bonanza, declinaron los trabajos en ellas con notable rapidez y el nivel de las aguas ascendió lentamente. Despues del buen éxito del desagüe implantado en Valenciana, se intentó realizarlo de una manera análoga en la Luz, de Septiembre de 1874 á fines de 1877, por medio de dos máquinas locomóviles aplicadas al movimiento de dos malacates de vapor, y los resultados económicos fueron aún más favorables que en Valenciana en aquella epoca, supuesto que el caballo de vapor, por hora y por caballo de efecto útil importó 11 centavos de peso [promedio de 40 semanas de 1877]. Las aguas, en consecuencia, se dominaron absolutamente; pero por desgracia en el momento más preciso faltaron los recursos pecuniarios por completo, por la quiebra del capitalista subaviador del Señor Rocha, y la empresa fracasó bruscamente, sin que hasta ahora se haya emprendido de nuevo la rehabilitacion de aquellos laboríos.

Una de las obras mineras más notables emprendidas despues de la bonanza de la Luz, fué el socavon conocido con los nombres de San Cayetano, de las Adjuntas ó de Ovejera. Don Cárlos J. Furber, minero inglés, que por muchos años estuvo encargado de los trabajos de las minas de la Luz y de San José de los Muchachos, despues de estudiar con atencion el curso de las vetas y la configuracion del terreno montañoso, se fijó en el sitio en el que hoy se encuentra la boca del socavon citado, para emprender

una obra de registro, con objeto de cortar los diferentes cuerpos de veta, ántes de que su adelgazamiento por los ramales desprendidos se acentuara demasiado, y conciliando, que á la vez que ganara la mayor profundidad posible, no se alargara notablemente en su trayecto.

"Este socavon, dice el Señor Ingeniero Ignacio G. Rocha[1] se comenzó á abrir en Junio de 1862 por una Compañía particular formada en Guanajuato por el Sr. Don Cárlos J. Furber, quien desde entónces se puede decir que ha sido el alma de este importante negocio. La Compañía primitiva gastó $ 40,000, y por los años de 68 á 69 hizo un contrato con la Compañía Unida Mexicana, en virtud del cual la última siguió los trabajos del Socavon y minas anexas.

"La cantidad gastada por la Compañía Unida, sin incluir los cuarenta mil pesos gastados por los dueños primitivos, subia á unos $ 520,000 el 31 de Diciembre de 1883, repartida en la forma siguiente.

| | |
|---|---|
| "Socavon Aventurero de San Cayetano..... | $ 88,500 |
| "Mina de Santa Mónica..... | 10,180 |
| "Santa Eduwigis, Buenos Ayres..... | 148,600 |
| "San Antonio de Ovejera..... | 134,200 |
| "El Diamante..... | 3,840 |
| "San Miguel de Providencia..... | 1,200 |
| "San Cayetano de la Ovejera..... | 133,480 |
| Suma..... | 520,000 |
| "Deduciendo de esta suma la de..... | 171,300 |
| que abonó San Cayetano por sobrantes correspondientes á la misma Compañía, se reduce la deuda á..... | $ 348,700 |

"Siguiendo la mina de San Cayetano en el estado bonancible que hoy tiene, pronto quedará cubierta la Compañía del total desembolso que ha hecho en los años que lleva de trabajo, no sólo en la mina de San Cayetano, sino en toda la gran negociacion que comprende las minas arriba mencionadas.

"Solamente el Socavon tiene una longitud de 2,200 metros, á más de las obras de investigacion al nivel del mismo, unas de

1 Notas privadas que ha tenido la amabilidad de comunicarme en Enero 31 de 1884.

crucero y otras sobre diversas vetas, que tienen un desarrollo de otros 600 metros poco más ó ménos, á más de las lumbreras y laboríos altos que se han abierto en las diversas minas que atraviesa la obra.

"La profundidad máxima del Socavon principal respecto á la superficie del terreno es de unos 350 metros. La del pozo más profundo de San Cayetano es de 50 metros verticales bajo el nivel del Socavon, y por consiguiente este pozo se halla á 400 metros verticales de la superficie."

El socavon de San Cayetano avanzó en terreno estéril 1,800 metros proximamente, hasta fines de 1882, y de allí en adelante penetró á una region fructífera de importancia, segun lo indicado en el capítulo anterior. Esta obra pues, es el fruto de más de veinte años de constancia de dos compañías; constancia inspirada á ambas por el finado Don Cárlos J. Furber, á quien apénas le alcanzó la vida para ver realizados sus pronósticos favorables.

La Compañía Unida Mexicana de Minas, Limitada [*United Mexican Company*], que tomó á su cargo el avío de las minas de San Cayetano, organizada poco despues de la emancipacion política de México, se formó en Lóndres con la emision de 43,174 acciones de á 30 libras esterlinas cada una, ó sea con un fondo social de 1.295,220 libras. En fines de 1883 cada accion habia pagado 29 libras, 12 chelines y 9 peniques, y por consiguiente para agotar el capital, faltaban de exhibir 7 chelines y 3 peniques por accion [ó sean próximamente $ 1,81¼ en moneda mexicana]. Esta Compañía, por tanto, despues de cerca de sesenta años de trabajar minas de plata en el país, estaba á punto de concluir, por haber invertido casi todo su capital social sin conseguir, no solamente utilidades definitivas, pero ni siquiera consolidar una empresa de espectativa más ó ménos fundada. El valor de las acciones fué bajando y hácia los meses de Marzo á Julio de 1882, valían únicamente una libra. La espectativa que se abrió á la Negociacion del Socavon Aventurero de San Cayetano, hizo subir el valor de las acciones en Lóndres, en Noviembre de 1883, á 12½ libras esterlinas.

Posteriormente cada una de las acciones primordiales de esta Compañía se dividió en tres de á diez libras, formando el total fondo de la Sociedad 129,522 acciones. En Agosto de 1888 se dis-

minuyó el capital de la Compañía en 388,566 libras, cancelando tres libras en cada accion de á diez, considerando esa cantidad como capital perdido, y quedando por tanto cada accion con el importe marcado de siete libras. El capital social de la Compañía está considerado hoy de la manera siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| 129,522 acciones de á 7 libras, importan..... | £ | 906,654 |
| 150,000 acciones posteriores de á 1 libra..... | ,, | 150,000 |
| Total..... | £ | 1.056,654 |

Si la negociacion minera de San Cayetano y las demás empresas recientes de esta Compañía en Guanajuato, entre las cuales figura la mina de Villalpando, logran un éxito favorable, esa antigua asociacion, que llegó á encontrarse moribunda, tomará un incremento y un desarrollo tal cual le corresponde como justa recompensa despues de los años que lleva de existencia, y de los millones de pesos que ha invertido en provecho del país.

Al escribir los apuntes que constituyen este capítulo, no he tenido otro objeto que el de consignar algunas notas relativas á la fundacion de la ciudad minera de Guanajuato, y al desarrollo de algunas de las explotaciones más importantes sobre las cuales he podido conseguir algunos datos; explotaciones cuyo engrandecimiento ha influido sobre el de la poblacion y sobre el bienestar de la comarca.

La historia de esta ciudad, caprichosamente situada entre cañadas estrechas y pendientes, es ciertamente muy interesante, y más ó ménos tarde será escrita, tan pronto como se puedan pacientemente recoger los materiales necesarios dispersos en los archivos públicos y particulares. Parece que no pocos documentos importantes perecieron en la Alhóndiga de Granaditas al ser tomada por los insurgentes el 28 de Setiembre de 1810. Algunos otros archivos de las poblaciones sujetas á la Intendencia de Guanajuato, y el de Yuririapúndaro, en el cual se registraron los primeros denuncios de las minas, desaparecieron tambien en la guerra de independencia. La falta de estas fuentes principales es grave, y para suplirla, los cronistas tendrán que desplegar no poca laboriosidad y celo. Si á esto se agrega que con las numerosas inundaciones que ha sufrido la parte baja de la ciudad, que es la más importante, muchos archivos particulares se han inutiliza-

do, bien se estimará que la adquisicion y comprobacion de noticias auténticas es hoy un asunto difícil. Sin embargo algo se ha escrito ya sobre esta historia y ese algo es un buen principio para continuar la labor.

El viajero que visita la ciudad, queda desde luego agradablemente sorprendido por su aspecto general en un sitio de alrededores agrestes, destituidos de vejetacion, y mostrando á cada paso las rápidas pendientes ó las inexpugnables escarpaduras de las desnudas rocas y peñones.

Se hace notable el contraste entre la rusticidad natural y general de la comarca, con la belleza de algunos edificios, con el aseo de sus principales y encorvadas calles, y en fin, para el observador más atento, con las obras de arte necesarias para instalar la ciudad entre las fragosidades pronunciadas del terreno.

El hermoso material de construccion extraido de las capas de arenisca fina llamada allí "losero" encerrado en algunas de las montañas inmediatas, con sus variados colores de tintes suaves agradablemente dispuestos, comunica una belleza particular á los numerosos edificios artísticamente construidos. Su docilidad para la labra, permite en su masa la formacion de relieves netamente marcados, de aristas vivas, lo cual contribuye no poco al embellecimiento de las construcciones.

"Sus calles, dice el Señor Marmolejo,[1] son estrechas é irregulares, habiendo pocas cuyo piso y latitud permitan que transiten por ellas los carruajes; hoy, sin embargo, se ha conseguido ya mucha más amplitud y comodidad, á fuerza de costosísimas y sorprendentes obras, ejecutadas en diversas épocas: el nivel de la parte superior de muchas cuestas se ha hecho bajar por medio de barrenos, y la parte inferior se ha levantado con terraplenes, se han destruido casas que estrechaban las calles, se han ampliado ó edificado enteramente nuevos varios puentes sobre los arroyos, siendo algunos de dimensiones enormes, que más que el nombre de puente merecen el de túnel; y se han formado, por útimo, cómodas calzadas en los mismos arroyos, por medio de robustos calicantos que encajonan su corriente, y que conducen á Marfil, á las minas, á Pastita, á la Presa de la Olla hasta circumvalarla en todo su contorno, y á otros diversos puntos.

1 *Efemérides guanajuatenses* tomo I. pág. 2.

"A pesar de lo incómodo del terreno, y de las dificultades de todo género que hay que superar, siempre que se fabrica en Guanajuato, hay un gran número de edificios grandiosos, templos magníficos, colegios, establecimientos de beneficencia, teatros, paseos y jardines, que por lo singular de su situacion, hemos visto comparados en más de un escrito con los jardines suspendidos de Semíramis en Babilonia. Y las casas particulares de casi todo el centro de la ciudad, la mayor parte de dos ó de tres pisos, son de aspecto tan bello que hay muchas acreedoras al nombre de palacios.

"Pocas cosas puede haber tan hermosas á la vista, como la perspectiva de Guanajuato, contemplada desde alguna de las muchas alturas de que está rodeada, principalmente desde el cerro de Sirena, ó desde la Cruz de San Miguel. Aquel monton extensísimo y deforme de edificios, magníficos en el centro y humildes en la circunferencia, colocados unos encima de los otros, sin órden y sin concierto; las cúpulas y torres de los templos, que dominan el conjunto, y que se destacan sobre verdes montañas; estas mismas montañas de forma caprichosa y pintoresca; los arrabales formados por las minas, dominado tambien cada uno de ellos por un hermoso templo; todo esto, repetimos, forma un conjunto difícil en verdad de darse á conocer en una descripcion."

Al hablar del principal de los paseos de Guanajuato, se expresa el mismo Señor Marmolejo [1] de la manera siguiente: "El bellísimo y pintoresco de la Presa de la Olla, consiste en una calzada que comienza en la hacienda de San Agustin, formado por un robusto y prolongado calicanto, que va siguiendo las curvas y sinuosidades del cauce de un arroyo: llegando un poco adelante de la quinta de Zaragoza, esta calzada se bifurca dando en seguida vuelta en torno de la Presa: hoy, como ya dijimos, se ha abovedado en este punto el expresado arroyo en una extension de más de 400 varas, uniendo en una sola superficie las dos calzadas, y formando en consecuencia, una ámplia y magnífica plaza, embellecida con fresnos y eucaliptus y con un jardin que recientemente se ha plantado en ella: á ambos lados de la calzada y de la pla-

1 *Efemérides guanajuatenses*, tomo I. pág.—90. En la imposibilidad de entrar en pormenores descriptivos sobre la ciudad y sus alrededores, remitiré al lector á los tres primeros capítulos de las *Efemérides* del Señor Marmolejo que tan repetidamente he tenido ocasion de citar.

za hay quintas ó casas de campo, con pórticos y jardines muy hermosos y elegantes, adornados con el mejor gusto; y en estas quintas pasan las principales familias de la Capital las estaciones del calor y de las aguas. Completa, en fin, lo pintoresco y singular de este paseo, la ehuberante vejetacion de las montañas que rodean la Presa, las cañadas que la surten, y que, durante las lluvias, forman encantadoras cascadas, las grutas de los loseros, de donde se extrae la cantera verdiosa, tan bella como sólida, y que tanto llama la atencion de los viajeros, y, por último, los elegantes bordos y el agua de las mismas presas, que cual si fuera gigantesco espejo, reproduce el hermoso panorama. Las presas se abren anualmente para la renovacion de sus aguas; y el dia de la apertura de la principal, tiene lugar un paseo, cuya fama se extiende por todo el Estado, y aun fuera de él, porque en ese dia desplega Guanajuato toda su magnificencia."

Las coordenadas geográficas de la ciudad fueron determinadas con mayor precision hace pocos años, por mi inteligente y laborioso amigo el Ingeniero Don Angel Anguiano, Director del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, en el curso de un viaje científico muy importante efectuado en fines de 1880, y cuyos resultados no pudo dar á conocer hasta el 1º de Enero de 1886. La posicion del poste sobre el cual ejecutó sus observaciones, situado sobre una azotea del Colegio del Estado, en la ciudad de Guanajuato, es la siguiente:

| | |
|---|---|
| Latitud Norte..... | 21° 00′ 58″ 1. |
| Longitud al Oeste de Tacubaya..... | $0^h$ $8^m$ $14^s$ 9. |
| Longitud al Oeste de Greenwich... | $6^h$ $45^m$ $1^s$ 4. |

El mismo Señor Anguiano estima que en esta y en las demás latitudes que determinó en su viaje, apénas habrá un error que llegue á medio segundo. [1] La longitud quedó determinada por el cambio de setenta y cinco señales telegráficas, enviadas y recibidas alternativamente en dos dias entre Guanajuato y el Observatorio Astronómico Central de México. Ligado este último con el de Tacubaya por numerosos cambios de señales, quedó referido por

1 *Coordenadas geográficas de Guanajuato, Gachupines, Lagos, Leon, Guadalajara, Encarnacion de Diaz y Aguascalientes, determinadas por el Ingeniero Angel Anguiano.* México, 1886, Opúsculo publicado por el *Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya.* pág. 90.

este intermedio Guanajuato con Tacubaya. Este Observatorio á su vez, habiendo sido ligado con el de la Universidad de Washington, de San Luis Missouri, [1] y por consiguiente con Europa, en 1885, por los respectivos directores de ambos, Señores Anguiano y profesor H. S. Pritchett, por medio de señales telegráficas esmeradamente preparadas; resultó la situacion de Guanajuato determinada con bastante aproximacion relativamente á Greenwich.

El Colegio científico del Estado, conocido antiguamente con el nombre de "Colegio de la Purísima Concepcion" es un Instituto que merece conocerse por toda persona amante de las ciencias. Su no pequeña y bien ordenada biblioteca abre diariamente sus puertas al servicio público. Hablando de los establecimientos de educacion, el Señor Marmolejo se expresa del modo siguiente: [2]

"El primero y más notable es el famoso Colegio del Estado, que ha llevado el tierno y honroso nombre de la Purísima Concepcion, y que ocupa un lugar muy distinguido entre todos los de la República. Su parte material es amplia, grandiosa, y convenientemente distribuida, especialmente despues de las grandes mejoras que constantemente ha estado sufriendo en los últimos años. Existian en él, en 1875, 41 cátedras para los estudios preparatorios y profesionales de las carreras de abogado, escribano, médico, farmacéutico, ingeniero de minas, geógrafo, topógrafo, beneficiador ó metalurgista y ensayador. Cuenta además el establecimiento con una abundantísima biblioteca pública [que en 1875 tenia 11,382 volúmenes, y hoy se encuentra notablemente aumentada y lujosamente decorada] con gabinetes, copiosamente surtidos, de física, zoología y botánica, mineralogía, astronomía, geología y paleontología, de mecánica y de geografía, así como de práctica de minas, con un anfiteatro de anatomía y operaciones, un museo de anatomía potológica, un laboratorio de química y farmacia y un observatorio meteorológico, recientemente establecido. Hay por último una decente capilla, aunque sin uso, por no permitirse ya dentro de los establecimientos del gobierno el ejercicio de ningun culto."

1 Véase sobre esto el Anuario del *Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya para el año de* 1888. pág. 112.
2 *Efemérides guanajuatenses*, tomo I. pág. 86.

Merecen entre los gabinetes mencionarse los de Topografía, Astronomía, Física y Mineralogía, á cargo el último del modesto sabio Don Severo Navia, cuya reputacion científica se conoce más bien fuera de nuestro país: al lado de las colecciones completas extranjeras de especies minerales para el estudio, encontrará el inteligente visitante colecciones abundantes de hermosos ejemplares de la localidad, y aun de algunos otros distritos mineros del país, en gran parte reunidos por los solícitos cuidados del Señor Navia.

El Observatorio meteorológico del mismo Colegio, á cargo del muy inteligente profesor Don Vicente Fernández, merece tambien una visita especial, para imponerse de lo que seria largo referir.

El Ingeniero que acuda á este Instituto, encontrará trazada una meridiana astronómica para reconocer la declinacion magnética correspondiente á la brújula de su goniómetro, y una línea bien clara con la longitud exacta de un decámetro medida con patron; pues allí se cultivan las ciencias con una aplicacion práctica inmediata.

La situacion de la ciudad en el fondo de una de las cañadas principales, por la que desaguan parte de los prolongados declives de la serranía, constituye una amenaza para las calles y edificios ribereños, cuando se desprende una lluvia excepcionalmente impetuosa sobre alguna ó algunas de las vertientes tributarias. El cauce del arroyo, no siendo suficiente para contener entónces el agua de la afluencia, se desborda en devastadoras corrientes por las calles y plazas, invade los departamentos inferiores de los edificios, penetra á los expendios y depósitos mercantiles, ocasionando pérdidas cuantiosas, y no pocas veces arrastrando entre sus turbias olas algunos habitantes sorprendidos en términos de no poder escapar.

Las inundaciones más notables han sido en las fechas siguientes: Julio 5 de 1760, Setiembre 16 de 1770, Setiembre 2 de 1772, Julio 27 de 1780, Agosto 10 de 1794, Julio 13 de 1804, Julio 2 de 1867, Agosto 20 de 1873, Junio 7 de 1885 y Junio 18 de 1888. A la inversa de estos, han trascurrido otros años de sequía rigurosa en Guanajuato y sus alrededores, ocasionando la falta de comestibles para la poblacion, y la de forrajes para los animales desti-

nados á la industria de las minas, en épocas antiguas en las que el país se encontraba poco poblado. Los años más notables de sequía han sido, 1629, 1712, 1713 y 1863. En 1713 se hizo notable la fecha del 5 de Julio, por el único aguacero importante que cayó en la ciudad. A consecuencia de la sequía prolongada de dos años, sobrevino una carestía de víveres en forma verdaderamente calamitosa para los habitantes pobres.

A fin de evitar en lo venidero las inundaciones de la parte baja de la ciudad, se ha comenzado un túnel recto, que una vez concluido vendrá á terminar un poco abajo de la confluencia de los arroyos de San Nicolás del Monte y de la Presa de la Olla. La derivacion que producirá este canal artificial [llamado "El Cuajino"] sobre los grandes torrentes que toman su curso por estos arroyos servirá para precaver á la ciudad contra las desastrosas inundaciones.

Los estragos causados en las cementeras por las prolongadas sequías, ó por las heladas prematuras ó intempestivas, se han atenuado en gran manera con el establecimiento del Ferrocarril, Central, que atraviesa dilatadas é importantes regiones agrícolas, y que desprende de Silao un ramal para la ciudad de Guanajuato: y preciso seria la pérdida de las cementeras sobre una extension vasta, para que la industria minera guanajuatense resintiera notablemente, como en otras épocas, las inherentes consecuencias de la elevacion en el precio del maíz y de los forrajes.

Uno de los fenómenos más notables que se han dejado observar en la ciudad de Guanajuato y en sus alrededores, son los truenos subterráneos. Humboldt describe sucintamente este acontecimiento de la manera siguiente: [1]

"Los ruidos subterráneos, sin embargo de que no aparezcan acompañados de sacudimientos, producen no obstante, una impresion profunda, aun sobre aquellos que han habitado largo tiempo un suelo sujeto á frecuentes conmociones; pues con ansiedad se espera lo que seguirá á estos susurros interiores. Tales fueron los *bramidos y truenos subterráneos* de Guanajuato, rica y célebre ciudad mexicana situada léjos de todos los volcanes activos. Comenzaron estos ruidos el 9 de Enero de 1784 á media no-

1 *Cosmos Essai d' une description physique du monde, traduction de M. H. Faye et de M. Ch. Galuski*, quatrième édition, édité, par L. Guérin, 1866.—1867.—Tomo I, pág. 234 y 521.

che, y duraron más de un mes. He dado una relacion muy circunstanciada de este fenómeno notable, extractada de los documentos que el Municipio de la ciudad puso á mi disposicion, y del relato de una multitud de testigos del suceso. Del 13 al 16 de Enero, fué una especie de tempestad subterránea; se escucharon los estrépitos secos y breves del rayo, alternando con los largos retumbos de una tempestad lejana. El ruido cesó tal cual habia comenzado, es decir gradualmente. Estuvo limitado á un corto espacio: á pocos miriámetros más allá, sobre un terreno basáltico, no se le escuchaba ya. Casi todos los habitantes se poseyeron de espanto, abandonando la ciudad en la cual se encontraban depositadas grandes cantidades de plata en barras, y fué preciso que los más animosos regresaran en seguida para disputar estos tesoros á los ladrones, que se habian apoderado de ellos. Durante el curso de este fenómeno, no se sintió ningun sacudimiento, ni en la superficie, ni aun en las minas inmediatas, á 500 metros de profundidad. Jamás, antes de esta época, se habian escuchado semejantes ruidos en México, y jamás se han repetido allá despues, ¿No se dirá que algunas cavernas se abren ó se sierran súbitamente en las montañas de la tierra para dar ó rehusar acceso á las ondas sonoras, que algunos accidentes habrian hecho nacer á lo léjos?

El mismo autor agregó la siguiente nota á este texto: "Sobre los bramidos subterráneos de Guanajuato véase mi *Essai polit. sur la Nouv. Espagne*, tomo I, p. 303. Este estruendo subterráneo no estuvo acompañado de sacudimiento alguno en las minas profundas, ni en la superficie [la ciudad de Guanajuato está situada á 1,955 metros sobre el mar]: no se le escuchó sobre la llanura inmediata, sino únicamente en la parte montuosa de la Sierra, desde la Cuesta de los Aguilares, no léjos de Marfil, hasta el Norte de Santa Rosa. Las ondas sonoras no alcanzaron á ciertas regiones aisladas de la Sierra, situadas á 4 ó 5 miriámetros al Noroeste de Guanajuato, cerca del manantial de agua hirviente de San José de Comanjilla. Difícilmente se imaginará á que exceso de autoridad creyeron deber recurrir los magistrados de este gran centro de industria metalúrgica, cuando llegó á su colmo el terror causado por el *rayo subterráneo*. "Toda familia que emprenda la "fuga será castigada con una multa de 1,000 pesos si es rica, y dos

"meses de prision si es pobre. La milicia tiene órden de perseguir "y devolver á los fugitivos." Lo más curioso en esta historia singular es la confianza afectada por el Cabildo: he aquí lo que he leido en una de las *proclamas*. "La autoridad sabrá reconocer en "su sabiduría el instante en que el peligro sea inminente, y en-"tónces se podrá pensar en la fuga. Del momento basta con que "las procesiones continúen." Sobrevino el hambre, porque el miedo de los truenos impidió á los habitantes arribeños llevar sus granos á la ciudad. Los antiguos conocian tambien los ruidos subterráneos sin sacudimientos: véase Aristóteles, *Meteor.* l. II. p. 802; Plinio l. II. c. 80. El singular ruido que se dejó escuchar, desde Marzo de 1822 á Setiembre de 1824, en la isla dálmata de Meleda [á 3 miriámetros de Raguse], ruido del cual Partsch ha dado una esplicacion satisfactoria, ha sido á veces acompañado de sacudimientos."

Rectificando el concepto de Humboldt de que jamás se han escuchado despues ruidos de esta especie, trascribiré los siguientes párrafos escritos en Guanajuato por el Ingeniero Don Juan N. Contreras, en Diciembre 1º de 1874, con motivo de los truenos subterráneos de Noviembre del mismo año.[1]

"El año de 1784, y durante 33 dias, con algunos intervalos, los ruidos subterráneos produjeron el espanto y la consternacion en los habitantes de esta ciudad; pero nada más dice la historia de sucesos habidos en otros puntos de la Nueva España. En 1806 hubo ruidos durante una noche y un dia, aunque lejanos y tenues, en el mes de Marzo, y en este mismo mes, con poca diferencia de dias, tuvo el Colima una erupcion, que causó un fuerte temblor en Zapotlan, por cuyo movimiento se desplomó la Parroquia, causando muchas desgracias [véase Diccionario universal de Historia y Geografía, en el apéndice, palabra volcan]. En 1818, en el mes de Mayo, hubo tres ó cuatro dias de ruidos bastante intensos, hasta el punto que las autoridades realistas los creyeron ecos de descargas de artillería; y suponiendo que alguna partida de insurgentes trataba de atacar la Intendencia, y que casualmente habia tenido un encuentro con las fuerzas reales, hicieron salir hasta Burras y otros puntos fuerzas auxiliares, que se volvieron sin ha-

1 Periódico intitulado "*El Minero Mexicano*," tomo II, correspondiente á 1874, publicado en la Ciudad de México, pág. 452.

ber encontrado á sus enemigos. Cesaron los ruidos, y al otro dia y hasta el dia siguiente estuvo lloviendo una arena menuda y blanquecina [*cenizas volcánicas*]: refiriéndose al mismo mes, el Diccionario de Historia y la Historia de Alaman, tomo 4º, pág. 709, nos dan cuenta de una erupcion del mismo volcan y de fuertes temblores en los puntos vecinos. Más tarde en 1842 y 1849 se ha oido uno ó dos ruidos, y en 1859 estos rumores duraron una noche y un dia, y poco tiempo despues hubo una erupcion parcial en el Colima de poca importancia. Finalmente el 13 del mes pasado, entre 3 y 4 de la mañana, con corta diferencia de minutos, hubo varios temblores, en algunos puntos con detonacion, en Veracruz, Puebla, México, Oaxaca, Tehuacan, Acámbaro y Fresnillo, y casi á la misma hora comenzó la erupcion del Colima, levantándose por el lado de Zapotlan un cono adventicio poco dias despues, á la vez que el Ceboruco arrojaba arenas: á la misma hora del dia 13 se sintieron en ésta repetidas é intensas detonaciones."

Estos truenos de Noviembre y principios de Diciembre de 1874 á los cuales se refiere el Señor Contreras, fueron muy notables, y pusieron en alarma á los habitantes de Guanajuato. El Ingeniero Don Cárlos Romero, profesor de Geología en el Colegio del Estado, en una reseña escrita cuando los sucesos estaban palpitantes y que los truenos aún no concluian, se expresaba el 20 de Noviembre, en los términos siguientes: [1] "El dia 11 del presente, á las once y minutos de la mañana, se oyeron por primera vez los ruidos expresados. Hay quienes aseguran haberlos oido en la Sierra desde el dia 10; pero la voz más general es que no se percibieron distintamente sino hasta el dia 11. Sea cual fuere la fecha en que comenzaron, lo cierto es que ninguna impresion causaron la primera vez que se oyeron, sea que su intensidad haya sido de poca consideracion, lo que parece muy probable, ó sea que las personas que notaron el fenómeno lo atribuyeron á causas muy ajenas de la verdadera, por no estar preparadas á un acontecimiento que procedia de las entrañas de la tierra. A las 4 y tres cuartos de la tarde del mismo dia se repitieron de una manera bastante perceptible las detonaciones, y entónces fué cuando comenzaron á llamar la atencion, sin que se alterara por esto

1 *El Minero Mexicano*, tomo II, pág. 426.

la tranquilidad de los habitantes. La alarma en realidad no se generalizó sino hasta las nueve y media de la noche, hora en que comenzaron á oirse distintamente tres detonaciones subterráneas, de intensidad creciente, separadas por intervalos de tiempo bastante cortos, las que causaron tanta mayor sensacion cuanto que la poblacion comenzaba á entrar en reposo, viniendo á interrumpirlo el bramido majestuoso que hizo vibrar la tierra bajo nuestros piés. Hasta aquí el fenómeno se habia presentado con cierta regularidad, pues su repeticion se afectuaba en intervalos de tiempo que podemos fijar en cinco horas próximamente, trascurridas de las 11 y minutos de la mañana hasta las 4 y tres cuartos de la tarde, y de esta hora á las nueve y media de la noche, en que se oyó el primer trueno de los tres que se observaron hasta las 9 y tres cuartos. Muy pronto debia cesar la regularidad observada hasta aquí, tomando el fenómeno mayores proporciones; pues á las once de la noche comenzó una serie de ruidos bastante repetidos que duraron hasta la madrugada del dia siguiente. Entónces pude observar una particularidad notable: los bramidos subterráneos rara vez se oian aislados, y lo más comun era que se presentaran en grupos de dos ó tres, separados por intervalos de tiempo muy cortos, que no debian pasar de cinco ó seis minutos. Cada media hora á lo sumo se repetia el fenómeno en circunstancias muy semejantes; de modo que fijando un término medio de seis ruidos subterráneos por hora, resultan 54 detonaciones en las nueve horas trascurridas desde las nueve de la noche del dia 11 hasta las seis de la mañana del dia siguiente."

"A las nueve y media de la mañana, continua más adelante, del dia 12 volvió á oirse imponente el ruido subterráneo acompañado de alguna vibracion, pasando el resto del dia sin ningun suceso notable, pues durante él sólo se percibió una que otra detonacion lejana, bastante insignificante, que el ruido de la ciudad ocultó á la mayor parte de sus habitantes. Pero á las nueve y tres cuartos de la noche, esto es, á la misma hora del dia anterior se escuchó de nuevo el trueno, que repitió á los 20 minutos, sin que hubiera en el resto de esa noche otra cosa digna de llamar la atencion más que una detonacion bastante fuerte que se oyó cerca de las tres de la mañana del dia 13.

"Entre los pocos ruidos subterráneos que hubo en este dia, sólo

fué notable el que se oyó á las tres y media de la tarde, tanto por su intensidad como por su prolongacion. Parece que aquí habia ya cesado el fenómeno seismológico, á juzgar por la tranquilidad casi completa que se disfrutó durante los dos dias siguientes, en los cuales si hubo algunos ruidos pasaron desapercibidos. Pero en los dias 16, 17 y 19, ha habido detonaciones, algunas muy fuertes, que se han oido con intervalos de tiempo mucho más considerables que al principio. En cuanto á la extension de terreno en que el fenómeno se está desarrollando, parece que no está circunscrito al Distrito de Minas de Guanajuato, como se habia creido primeramente, pues segun las últimas noticias recibidas, en los Estados de Oaxaca, Veracruz y Zacatecas se ha manifestado con movimiento de trepidacion y oscilacion precedidos en algunos puntos de detonaciones. Entre nosotros, parece que la mayor intensidad de los ruidos subterráneos ha tenido lugar en los cerros de Santa Rosa y Santa Ana, donde las vibraciones del terreno han sido más considerables que dentro de esta capital."

El Señor Don Othon E. Baron de Brackel Welda, en una disertacion importante sobre el mismo objeto, fechada en Guanajuato en Diciembre de 1874, incluye el siguiente párrafo. [1] "En el mes de Octubre se sintieron temblores en Oaxaca, es decir, que por las abras y canales subterráneos de la gran línea volcánica, que se extiende desde la Tierra de Fuego hasta las islas Aleutas, habia el fuego avanzado ya hasta este punto, siguiendo la línea que nos ha indicado con mucha razon el Sr. Don Juan N. Contreras. En Noviembre truena y tiembla en Oaxaca, Tehuacan, Acámbaro, Guanajuato, hasta el Fresnillo; y á diferencia de pocos dias y aun horas, hacen erupcion los volcanes de Colima y Ceboruco, es decir la actividad ígnea subterránea, se ha comunicado ya á toda la línea volcánica principal, en toda la parte que corresponde al territorio mexicano; aún más, ha participado de su movimiento ígneo á la antigua ya bien conocida línea que forma la prolongacion de la de las Antillas, como lo prueban los temblores de Veracruz y Jalapa, que cruza ó se une á la general, que recorre todos los continentes americanos, en toda su extension longitudinal, como ya hemos dicho repetidas veces; línea que quedará interrumpida, si no se admitiera como existente, la indicada por el Señor Contreras."

1 *Minero Mexicano*, tomo II, pág. 585.

"Segun las noticias que hasta hoy tengo á la vista, dice el citado Ingeniero Contreras, en un informe, aparece que desde el Cerro del Nayal á Peregrina, Santa Rosa y los Llanitos de Santa Ana, es el lugar donde el fenómeno se ha sentido con toda su imponente majestad; debe pues suponerse que la línea que va de Cerro del Nayal, al Cerro alto de Villalpando, de éste al de San Miguel de los Llanitos, y de éste á los de la Luz, es la que marca el verdadero trayecto del movimiento subterráneo. El movimiento de trepidacion ha sido tan impetuoso en algunos puntos de esta línea, que algunas casas de adobe se han cuarteado, sobre cuyo hecho no tengo aún constancias."[1]

De paso llamaré la atencion sobre la particular circunstancia, de que la línea demarcada en el preinserto párrafo, que denotaba la máxima accion del fenómeno, por la intensidad de las detonaciones unidas á las vibraciones consiguientes del suelo, es precisamente la region del metamorfismo que separa las rocas sedimentarias más ó ménos trasmutadas en pórfido, de las mismas enteramente cambiadas en un pórfido mejor definido por una accion todavía más enérgica: esta region es á la vez la zona de metamorfismo hidrotermógeno é hidrotermal más intenso, puesto en evidencia por las manifestaciones cuarcificantes allí bien marcadas, segun lo he descrito en el capítulo II de este libro. Se hace tambien notable, que el conjunto de la region en donde el ruido se escuchaba, corresponda á la superficie de terreno debajo de la cual cruzan las principales vetas argentíferas del distrito. ¿Serán acaso estos rugidos subterráneos el último lejano eco de las manifestaciones filonianas, tan extraordinariamente desarrolladas en las cercanías de Guanajuato; manifestaciones que á su vez han sido los últimos episodios de gran detalle que han hendido, dislocado y en parte afectado las rocas constitutivas de esas montañas?

Si segun lo admiten algunos sabios como los Señores Heim, Suess y J. D. Dana, los *terremotos constituyen uno de los fenómenos relativos á la formacion de las montañas*,[2] y que por consiguiente la inten-

1 *Efemérides guanajuatenses* tomo IV, pág. 274.

2 *En A de Lapparent, Traité de Géologie.*—Paris 1883, pág. 511. Mr. Dana asigna expresamente como una de las causas de los terremotos, "*la tension y la presion producidas por las grandes oscilaciones y plegamientos de la corteza terrestre.* Los efectos de esta tension, no habiendo cesado por completo, son probablemente la causa más general de los terremotos".—*Manual of Geology*, pág. 730.

sidad de los movimientos seísmicos llega á su máximo en las inmediaciones de las líneas de relieve de formacion más reciente, siendo por tanto los terremotos en lo general, como los lejanos y largamente interrumpidos ecos correspondientes á los majestuosos é indescriptibles fenómenos orogénicos; hay que admitir de una manera análoga, que las poderosas acciones filonianas, pueden tambien presentar sus ecos más ó ménos lejanos y más ó ménos interrumpidos, bajo formas variadas y por lo general inofensivas, si bien alarmantes por el cortejo de estruendos que las han acompañado en el caso particular de Guanajuato.

Los fenómenos geyserianos, hoy bien estudiados, y por consiguiente bien explicados en su parte física, química y mecánica, no pocas veces están acompañados de detonaciones subterráneas, y aun de conmociones del suelo, que preceden á las violentas erupciones de agua hirviente y de vapores lanzados á veces á considerable altura. En estos casos al estruendo y á la conmocion, sigue un fenómeno perfectamente aparente y bien relacionado ¿no pudiera suceder en Guanajuato que un fenómeno hidrotermal análogo produjera á grandes profundidades detonaciones intensas sin que en el exterior se manifestaran las consecuencias? ¿Los géyseres no siendo más que casos particulares de los fenómenos hidrotermales ligados al volcanismo; fenómenos entre los cuales se cuentan por su orígen las vetas guanajuatenses, relacionadas á los basaltos, no se podrán contar esas detonaciones subterráneas entre las últimas y lejanas manifestaciones consiguientes á la formacion de tan poderosas vetas, evidentemente engendradas entre pavorosos rugidos y grandes deyecciones de agua hirviente envuelta entre espesas nubes de vapor acuoso?

El Ingeniero Don Juan N. Contreras ya citado, estimó que estos truenos y retumbos subterráneos pudieran provenir de la repercucion local engendrada por las detonaciones volcánicas de otras regiones. Posible es este enlace, si bien se requieren condiciones muy especiales para su realizacion; supuesto que los rugidos estuvieron limitados á determinada superficie de terreno, sin correspondencia marcada en otras comarcas.

Pudiera tambien acontecer que el desequilibrio de presiones debajo de la corteza terrestre que da lugar á los activos movimientos y emisiones volcánicas en una region, tuviera una influen-

cia directa y lejana, ó indirecta y como por derivacion en comarcas lejanas, para que sin una verdadera repercusion de las detonaciones, sino simplemente por estas acciones directas ó indirectas, se promovieran otros fenómenos subterráneos de naturaleza dinámica, capaces de engendrar esas detonaciones, en un suelo como el de la República Mexicana, afectado por el volcanismo basáltico hasta el período cuaternario.

En otra repeticion, estos ruidos podrán estudiarse bajo mejores condiciones de audicion por medio de teléfonos y micrófonos convenientemente instalados.

El citado Baron de Brackel-Welda, para concluir su disertacion, enrte otros estampa el siguiente párrafo: ¿"Y estos ruidos son realmente un peligro ó presagios de una próxima catástrofe? Difícil cuestion seria esta de decidir, porque equivaldria á querer escudriñar lo que la mano omnipotente del Creador se ha reservado. La ciencia sólo puede afirmar, que como la lluvia nos puede traer una inundacion que nos ahogue, la tempestad un rayo que nos mate, así el trueno subterráneo puede ser seguido de un cataclismo que nos haga perecer. Pero la experiencia nos enseña, que la inundacion que nos ahoga, el rayo que nos mata, son excepciones; y como á nadie le ocurriria abandonar sus patrios lares, porque llueva ó haya una tempestad, tampoco á nadie, que se da cuenta y razon de los sucesos naturales, se le puede venir á la mente huir ante un bramido subterráneo, pues el uno no encierra mayores peligros que el otro." [1]

En Octubre de 1886 se escucharon de nuevo truenos subterráneos de un modo ligero y apénas perceptible.

Los datos que pueden llamarse exactos relativos al censo de los habitantes de la ciudad de Guanajuato, no son muy antiguos. Segun el mandado practicar por el Conde Revillagigedo, uno de los Virreyes de la Nueva España más activos y celosos del bien público, tenia la ciudad en 1792, 32,098 habitantes. Los datos recogidos por Humboldt en 1803, produjeron el resultado siguiente:

1 *El Minero Mexicano* tomo II, pág. 597.

| | |
|---|---|
| "En el casco de la ciudad..... | 41,000 |
| "En las minas de sus inmediaciones, cuyos edificios están contiguos, á saber, Marfil, Santa Ana, Santa Rosa, Valenciana, Rayas y Mellado..... | 29,600 |
| Total..... | 70,600 |

"Segun el empadronamiento hecho en Mayo de 1822, dice Humboldt, en sus adiciones al "*Ensayo político sobre Nueva España*", no quedarian más que 15,379 almas en la ciudad, y 20,354 en las minas cercanas y en los arrabales; total 35,733 que hace ménos de la mitad de la poblacion de 1805. Desde que los laboreos de las minas han vuelto á tomar grande actividad, el número de los habitantes aumenta de nuevo." [1]

"El año de 1825, dice el Doctor Romero, [2] refiriéndose á la ciudad, mandó formar un censo el Gobernador Don Cárlos Montesdeoca y resultó ya una poblacion de 33,444 vecinos."

La bonanza de la Luz dió origen al desarrollo de una nueva poblacion, que en Enero de 1846 fué erigida en cabecera de un nuevo municipio, correspondiente al distrito minero de Guanajuato.

En 1851, cuando se dejaba aún sentir el aumento de poblacion debido á la influencia favorable ejercida por la bonanza de la Luz, el censo dió los resultados siguientes:

| | | |
|---|---|---|
| Guanajuato en los recintos de la Ciudad..... | 36,391 | |
| Minas, Haciendas de beneficio y Ranchos..... | 26,951 | |
| Municipio de la capital..... | 63,342 | habitantes. |
| ,, de la Luz..... | 24,000 | |
| Total número de habitantes en el distrito minero | 87,342 | |

En 1854, cuando la bonanza de la Luz se encontraba en decadencia, el censo era el siguiente:

| | |
|---|---|
| Municipio de Guanajuato..... | 63,567 |
| Id. de la Luz..... | 22,345 |
| Total en el distrito minero..... | 85,912 |

1 Sobre todo lo expuesto véase el *Ensayo Político sobre Nueva España* segunda edicion castellana, Paris —1827, tomo I, pág. 112, tomo II, págs. 15 y 179.

2 *Noticias para formar la estadística del Obispado de Michoacan, en el Boletin de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, tomo IX, pág. 93.

En principios de 1865, despues de terminada la bonanza de la Luz, y durante la depresion minera de 1860 á 1865, el censo era el siguiente:

| | |
|---|---|
| Municipio de Guanajuato | 47,440 |
| „ de la Luz | 10,493 |
| Total en el distrito minero | 57,933 |

Posteriormente los censos han dado los resultados que siguen:

| | 1869 | 1880 |
|---|---|---|
| Municipio de Guanajuato | 56,012 | 93,031 |
| „ de la Luz | 13,670 | 14,026 |
| Total en el distrito minero | 69,682 | 107,057 |

El desarrollo constante y regularizado de los trabajos mineros en la década terminada en 1880, ha ejercido pues, una influencia benéfica en el aumento de la poblacion, tanto como la que en condiciones semejantes pudo ejercer una bonanza; pero como el disfrute de ésta es transitorio y sujeto á eventualidades, puede estimarse como más sólido el acrecentamiento de la poblacion apoyado sobre la multiplicacion del trabajo, que exige brazos para su ejecucion, originado por una explotacion sobre frutos pobres, que necesariamente tiene que ser en la más amplia escala posible, á fin de buscar en el aumento de la produccion un aumento proporcional en la utilidad líquida que se logre realizar.

La estabilidad que bajo estos principios van adquiriendo las empresas mineras de Guanajuato, garantiza la estabilidad de la poblacion, que no solamente no tendrá que emigrar por falta de trabajo, sino que por el contrario, el desarrollo probable de nuevas empresas bajo análogas condiciones, y el ensanchamiento posible de las ya existentes, exigirá el empleo de mayor número de brazos, y por consiguiente favorecerá el aumento de la poblacion. ¡Tal es el necesario enlace que existe entre el trabajo constante y regularizado de las minas y de las oficinas de beneficio, y el bienestar de la poblacion de una comarca minera!

---

## CAPÍTULO V.

Breves apreciaciones sobre la explotacion de las minas argentíferas mexicanas.—Comparaciones económicas sobre el uso de los explosivos y sobre el empleo de las barrenadoras de potencia.—Trasporte subterráneo en las minas guanajuatenses.—Notas comparativas sobre desagüe en Guanajuato y en otros distritos mexicanos.—Consumos de hulla en las máquinas de desagüe en Europa.—Poder calorífico de la leña mexicana comparada con la hulla.—Cables, vasijas, guías, paracaidas y otros detalles relativos á los malacates de vapor.—Buen éxito de estos malacates y circunstancias que obligaron á elegirlos.—Centralizacion futura probable del desagüe de las más célebres minas de la Veta Madre.—Notas aplicables al pais sobre las bombas subterráneas que expelen el agua directamente al exterior.—Breve comparacion entre el costo de los combustibles en México con los de Europa y Oeste de Estados Unidos.—Aprovechamiento de las aguas como potencia mecánica, y necesidad de organizar compañías en Guanajuato con este objeto y con el de abrir socavones profundos para los desagües.—Breves apreciaciones sobre extraccion y fortificacion.—Disfrute.—Pepena.—Baja en el precio de la maquila y su influencia en el giro de las minas.—Multiplicidad de tiros.—Apreciaciones generales sobre un conveniente plan de explotacion adecuado á las minas argentíferas.—Administracion económica.—Rescates y ventas á la ley.

El sistema demasiado imperfecto de explotar las minas argentíferas mexicanas usado en principios del siglo actual; sistema sobre el cual presentó Humboldt algunas observaciones importantes y razonadas, [1] se ha mejorado algo en el curso de los años, pero con verdadera lentitud, y sin llegar á desarrollarse, en la generalidad de nuestros distritos mineros, un método completo y bien combinado para el desempeño de cada una de las operaciones del laborío y para su adecuado enlace, en términos de colocarse en condiciones de obtener en la produccion de carga mineral, unos resultados de costo tan económicos como sea posible, con los arbitrios que el minero mexicano puede implantar provechosamente en sus operaciones.

1 *Ensayo político sobre Nueva España*, traduccion castellana, Paris.—1827.—tomo III, págs. 124 á 140.

Pachuca y Real del Monte, Guanajuato y Zacatecas, son de los distritos centrales más aventajados en las reformas introducidas para mejorar los resultados económicos de las minas; pero ciertamente sin agotar los arbitrios al alcance de los mineros.

Aun tratándose únicamente de Guanajuato, seria largo entrar en una análisis completa y detallada de todas las manipulaciones que necesariamente deben ejecutarse para el buen régimen de los laboríos, y por consiguiente será indispensable limitarse á presentar algunas notas sobre las operaciones más importantes, bajo el punto de vista de su costo, supuesto que de sus buenos y económicos resultados depende, en lo general, obtener utilidades ó pérdidas en las negociaciones mineras que no marchan en bonanza. [1]

A fin de expresar los resultados económicos en términos generales adecuados al caso, diré, que en las minas argentíferas que no son abundantes en agua, ni están abiertas en paninos demasiado blandos ó derrumbadizos, el total costo de las obras preliminares de explotacion y descubrimiento en las vetas, unido al de las preparatorias, con las de disfrute propiamente dicho, incluyendo la mano de obra y el importe de vigilancia, la reparacion de herramienta, los consumos de efectos, el importe del movimiento de los escombros y del trasporte de los frutos á los despachos, ventanillas ó sangrías de los tiros, rara vez baja del sesenta al setenta por ciento del monto total invertido en toda la explotacion. Es decir, que la aislada operacion del arranque para los diversos é indispensables objetos del laborío, y el preciso movimiento de escombros consiguiente, con el acarreo de frutos, absorbe las dos terceras partes de los egresos de una mina.

Semejante resultado conduce necesariamente á tomar en consideracion la manera de efectuar estas operaciones, siquiera sea de un modo abreviado y general.

El *arranque*, tratándose de paninos más ó ménos compactos, es una de las operaciones de muchos años atrás poco modificadas en

1 "*Negociacion* es un término minero mexicano, que significa un grupo de minas trabajadas bajo la forma de una empresa por uno ó varios individuos asociados, cuyos participios, para los gastos y para las utilidades, se dividen en veinticuatro *barras*, como si se tratara del trabajo de una sola mina." *Wards, Mexico in* 1827. London 1828. Vol. II, pág. 19, nota.

su esencia, cual es la de abrir taladros ó barrenos con el fin de hacer saltar la roca por medio de los explosivos, y de esta manera abrirse paso para avanzar las excavaciones. Ejecutados los barrenos á mano, en lo general, por el método conocido comun y corriente, la mejora más notable introducida hace algunos años, es la del uso de la dinamita en vez de la pólvora negra, para el avance de las obras de importancia, y conviene demostrar que en esta sustitucion hay una verdadera ventaja, no obstante el mayor costo de la dinamita comparada con el de la pólvora comun, siempre que aquel explosivo se procure usar en los términos convenientes.

Estando yo mismo hace algunos años colocado al frente de los trabajos de una empresa minera de no muy pequeña escala [1], en la cual inicié la apertura de un socavon, que con poco más de dos mil metros de longitud en línea recta, deberia colocarse á casi cuatrocientos metros bajo del brocal del más profundo é importante de sus tiros, con el objeto de realizar el desagüe espontáneo de todas las minas de la negociacion, situadas sobre un trayecto de dos mil metros de veta, y á la vez habilitar con facilidad un macizo intacto de cien metros verticales en las regiones correspondientes á la continuacion de los más ricos disfrutes, que por varios años sostuvieron la marcha productiva de esa empresa; la decidida preferencia y atencion que requería la apertura de ese túnel para mejorar los resultados económicos de unas minas cuyas leyes en plata iban diminuyendo visiblemente á la profundidad, hizo indispensable estudiar en el terreno la manera de abreviar el avance de la obra, aun á costa de importantes sacrificios pecuniarios.

En 1874 se estableció una fábrica de nitroglicerina para proveer á los trabajos del explosivo más poderoso, á la vez que se montaban las compresoras que deberian moverse por vapor, á fin de alimentar las barrenadoras que funcionarian sobre la frente del socavon, para lograr su avance con cuanta energía fuere posible. No será fuera del caso trasladar algunas notas referentes á los resultados obtenidos en la apertura de ese túnel, segun los diversos métodos puestos en planta para realizarlo.

1 La Negociacion de San Agustin en Catorce, Estado de San Luis Potosí.

Durante los primeros años, el trabajo se efectuó con los arbitrios comunes, usando como explosivo la pólvora negra de mina. La roca atacada era una arcilo-esquista compacta, unas veces muy fisurada y otras algo cuarcificada, por cuyas circunstancias los barrenos no siempre obraban bien; sin embargo, solian presentarse tramos favorables para el efecto de la pólvora. La seccion del socavon prescrita por la Junta general de accionistas, fué de $4^m,2$ de anchura por otro tanto de altura. Bajo de estas condiciones, y sin embargo de las paralizaciones no cortas consiguientes á las vicisitudes ocurridas durante el trabajo para la prosecusion de la obra, los avances en la roca compacta de la montaña fueron los siguientes:

| | | | Metros. | | Metros. |
|---|---|---|---|---|---|
| En 1870, en | 16 semanas | de trabajo... | 46,80; | promedio semanario... | 2.92 |
| 1871 | 51 | ,, ,, .... | 173.20 | ,, ,, ... | 3.40 |
| 1872 | 38 | ,, ,, ... | 104.21 | ,, ,, ... | 2.74 |
| 1873 | 30 | ,, ,, ... | 123.00 | ,, ,, ... | 4.10 |
| 1875 | 19 | ,, ,, ... | 45.55 | ,, ,, ... | 2.40 |
| Total en | 154 semanas | de trabajo... | 492,76: | promedio semanario... | 3.20 |

De la semana terminada en Noviembre 23 de 1872, á la de Mayo 24 de 1873, avanzó el socavon en las mejores condiciones, usando como explosivo la pólvora comun, á razon de $4^m,63$ en promedio semanario. Abarca esta comparacion un período de 27 semanas, en el cual se caminaron $124^m,94$, con un importe total pagado al destajero por los avances de..... $ 12,798 00

Los efectos consumidos fueron:

*Referentes al explosivo.*

| | | |
|---|---|---|
| 237½ arrobas pólvora á 3½ pesos..... | $ 831 25 | |
| 482 ruedos [de 50 piés ingleses] cañuela ó sea mecha comun de seguridad, á 50 cs..... | 241 00 | |
| 192 manos papel para cartuchos, á 34 cs..... | 65 28 | |
| | $ 1,137 53 | |
| *Alumbrado.* 85½ arrobas velas á $ 5 00..... | 427 50 | |
| Importe total de los efectos consumidos..... | | 1,565 03 |
| Importe aislado de la mano de obra..... | | $ 11,232 97 |

El costo de un metro de socavon en las circunstancias más favorables para la accion de la pólvora negra resultó, pues, como sigue:

| | |
|---|---|
| Por mano de obra..... | $ 89 90 |
| Por la pólvora y anexos..... | 9 10 |
| Por alumbrado..... | 3 43 |
| Total..... | $ 102 43 |

El costo del metro cúbico de arranque resultó:

| | |
|---|---|
| Por mano de obra..... | $ 5 10 |
| Por pólvora y anexos..... | 0 52 |
| Por alumbrado..... | 0 19 |
| Total..... | $ 5 81 |

Consumo de pólvora por metro de socavon, 45½ libras ó sean en valor $6 37, y por metro cúbico $2\frac{58}{100}$ libras, ó bien 1,187 gramos. En excavaciones menores el consumo de la pólvora aumenta bajo condiciones semejantes de compacidad del panino [desprovisto de cortes naturales como suelen presentarse en los cañones siguiendo algunas vetas ó vetillas blandas, cuyo aprovechamiento permite que la pólvora produzca mayor efecto], en términos de elevarse frecuentemente en Catorce, así como en Guanajuato á 3 ó 4 kilógramos por metro cúbico arrancado.

El número de puebles de trabajo para ejecutar el avance total de $124^{m},94$, habiendo sido de 450, de á 8 horas cada uno, con 17 barreteros en promedio, resulta para cada pueble un avance de $0^{m},28$. [1]

De la semana terminada en Noviembre 13 de 1875, á la de Marzo 11 de 1876, se atacó la total frente del socavon por medio de barrenos disparados con trinitroglicerina impura, producto de primera operacion de cien partes de ácidos sulfúrico y azótico monohidratados, sobre veinte de glicerina casi anhidra.

1 Se entiende por *pueble* en las minas mexicanas, el tiempo de trabajo que se aprovecha en cada intervalo de las doce horas del dia ó de las doce horas de la noche. Cuando el avance de una obra minera como de la que se trata se ejecuta con premura, entónces el período de veinticuatro horas se divide en tres puebles de á ocho horas cada uno.—Se designa tambien por *pueble*, el conjunto de trabajadores ocupados en las operaciones interiores ó exteriores de las minas; como el pueble interior de la noche, el pueble exterior del dia, el pueble de una labor ó de un pozo, etc.

Destituida la gente operaria de los conocimientos y práctica necesaria para el trazo de profundos barrenos, convenientes para el aprovechamiento ventajoso del potente explosivo, fué indispensable adoptar el arbitrio de suspender el avance á destajo de la obra, y valerse de barrenadores á jornal, gobernados por capataces, que aunque poco expertos, procuraba yo inculcarles reglas para la mejor colocacion de los barrenos, sin embargo de lo cual su trazo era no pocas veces imperfecto. Se organizó el trabajo en dos puebles por veinticuatro horas, ocupando generalmente en cada uno ocho barrenadores, un *feriador* de herramienta, cinco ó seis peones para retirar los escombros de la frente, y un capataz para el gobierno y vigilancia del trabajo. Los resultados obtenidos con esta marcha, en las diez y ocho semanas especificadas, fueron los siguientes, en 193 puebles: Avance del socavon 96$^{m}$,45, ó sea medio metro por pueble en promedio. Para realizarlo se perforaron:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Para el *cuele*..... | 475 barrenos con una longitud total de..... | | 784$^{m}$,25 |
| Para el *empareje* | 1,108 ,, ,, ,, ..... | | 1,793. 00 |
| Total..... | 1,583 | | 2,577. 25 |

La profundidad media fué la siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| Barrenos al cuele..... | 1$^{m}$,65 | cada uno |
| Id. al empareje..... | 1. 62 | ,, ,, |

Corresponden estos barrenos por metro de avance de la obra:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Para el cuele..... | 5 | con una longitud sumada de..... | 8$^{m}$,13 |
| Para el empareje. | 11½ | ,, ,, ,, ..... | 18. 59 |
| Total. ..... | 16½ | | 26. 72 |

El arranque de cada metro cúbico ha necesitado en promedio una longitud de 1$^{m}$,51 de barreno.

El costo de avance de 96$^{m}$,45 fué el siguiente:

*Mano de obra.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3,342 | jornales de barrenadores á..... | $ 1 00 | $ 3,342 00 | |
| 195 | ,, de dos feriadores á..... | 0 50 | 97 50 | |
| 1,121 | ,, de peones retiradores á | 0 50 | 560 50 | |
| 201 | ,, de dos capataces á..... | 1 50 | 301 50 | $ 4,301 50 |

*Explosivo.*

| | |
|---|---|
| 1,805 libras de nitroglicerina, que con el papel para formar los cartuchos, la mecha, el estopín ó petardo y el jornal del pegador, importó la libra $2 00 | 3,610 00 |
| Total importe de mano de obra y explosivo | $ 7,911 50 |

El costo de metro cúbico fué, pues:

| | |
|---|---|
| Por mano de obra y vigilancia | $ 44 59 |
| Nitroglicerina y anexos | 37 43 |
| Alumbrado | 2 31 |
| Total | $ 84 33 |

El costo de cada metro de avance del socavon resultó:

| | |
|---|---|
| Por mano de obra y vigilancia | $ 2 53 |
| Por la nitroglicerina y anexos | 2 12 |
| Por el alumbrado | 0 13 |
| Total | $ 4 78 |

Comparando el costo de avance del socavon por medio de la nitroglicerina, con el obtenido por medio de la pólvora comun, en el período en que la obra caminó más favorablemente con este explosivo, se obtiene una diferencia por metro de socavon, de $18 10, y por metro cúbico de arranque, de $1 03 en favor del trabajo ejecutado con nitroglicerina, no obstante el elevado precio al que se obtuvo este enérgico explosivo. El consumo de éste fué como sigue:

Nitroglicerina por metro de socavon 18 $\frac{71}{100}$ libras.
Id. por metro cúbico arrancado 488 gramos.

En la frente de guía del Túnel del Hoosac, en el Estado de Massachusetts, en Estados Unidos, con una amplitud de 24 de ancho por 9 piés ingleses de altura, ó sean $7^m,3$ por $2^m,7$, se consumían de 2 á 3 libras [2½ en promedio ó 1,134 gramos] de trinitroglicerina clarificada por cada yarda cúbica arrancada, [1] ó sea un promedio de 1,483 gramos por metro cúbico.

Durante la apertura del socavon de Catorce, en los períodos de comparacion antes citados, desempeñaron el trabajo el mismo

1 *Tri-nitro-glycerin, as applied in Hoosac Tunel, by George M. Mow bray, Operative Chemist.*—New York 1874, pág. 99.

número de barrenadores cuando se usaba la pólvora comun, y despues cuando se adoptó la nitroglicerina. Estableciendo, pues, un paralelo entre los avances de la obra en ambos casos, y efectuando la comparacion por semana, resulta que con pólvora comun, bajo las mejores condiciones del panino, con los barrenadores diestros para abrir los taladros ordinarios, y con $16\frac{2}{3}$ puebles de trabajo de 8 horas, avanzó el socavon en promedio $4^{m},63$; miéntras que con nitroglicerina, sobre un panino ménos favorable, educando barrenadores para abrir taladros profundos, y con solamente 11 puebles de trabajo de á 12 horas, se avanzaron en promedio $5^{m},35$. En vista de estos guarismos y de lo ántes expuesto relativo al costo, no puede dudarse de las ventajas que se consiguen en tiempo y dinero empleando la nitroglicerina aislada, ó bien la dinamita, que siendo de buena calidad produce resultados muy análogos.

Conviene recordar, sin embargo de ser bien sabido el hecho, que para lograr buenos avances con la nitroglicerina ó la dinamita, es preciso formar un cuadro de barrenadores aptos para perforar taladros hasta de dos y dos y medio metros de profundidad, en un período de tiempo que no exceda de 8 á 10 horas á lo más. Estos poderosos explosivos requieren el uso de barrenos profundos esmeradamente trazados, para aprovechar su notable potencia con economía de tiempo y dinero, al atacar las masas compactas de las rocas ó de las vetas.

El socavon del cual he citado los datos, se contrató á destajo en 1877 para continuar su apertura con perforadoras mecánicas, y despues de un avance de $343^{m},57$ ejecutado por el contratista, en el tramo más duro y ménos *obrador* que cruzó la obra, abandonó éste su empresa que le resultó onerosa, y entónces fué preciso proseguir los trabajos de avance por cuenta de la negociacion, con las mismas maquinarias, desde la semana terminada en Noviembre 8 de 1879, hasta la de Marzo 27 de 1880, obteniendo en 18 semanas hábiles [pues se perdió la de Febrero 14 por la limpia y compostura de calderas] $241^{m},91$, ó bien un promedio de $13^{m},44$ de avance á la semana, correspondiente próximamente á $1^{m},12$ por pueble, ó bien sea á más del doble del ejecutado barrenando á mano, y en ambos casos empleando la nitroglicerina.

El costo de un metro de socavon abierto con las barrenadoras

por cuenta de la negociacion de San Agustin, fué en promedio de $ 314 17, incluyendo la extraccion de escombros y gastos exteriores de administracion de la obra, segun se sirvió comunicármelo el Sr. Don Ignacio Cornejo, Ingeniero residente de dicha negociacion. Deduciendo $ 50 00 por estos gastos, como su importe aproximado, resulta el metro de avance á $ 264 17.

El resúmen comparativo referente al mismo socavon, deducido de los datos que anteceden, para cada metro de avance y por metro cúbico arrancado, así como por lo que hace relacion con el tiempo empleado, es el siguiente:

| | COSTOS. | | |
|---|---|---|---|
| | Por metro de Socavon. | Por metro cúbico. | Avance por semana. |
| Barrenando á mano y usando pólvora negra | $ 102 43 | $ 5 81 | 4m.63 |
| Barrenando á mano y usando nitroglicerina | 84 33 | 4 78 | 5. 35 |
| Barrenando con perforadoras y usando nitroglicerina | 264 17 | 14 97 | 13. 44 |

A la vista de estos datos se advierte el considerable costo del avance con el auxilio de la perforacion mecánica, superior al triple del más económico de los métodos comparados, el cual fué barrenando á mano y usando la nitroglicerina como explosivo. Sin duda que los barrenos por medios mecánicos resultan caros, generalmente hablando en el país, supuesto que la potencia necesaria es costosa por el alto precio del combustible; pero es de advertir que en el caso particular de Catorce, tomado como ejemplo, hubo circunstancias especiales que decidieron el elevado costo de la operacion, tales como el sistema poco económico de las calderas elegidas, indispensables para el movimiento de las compresoras, y la eleccion de un modelo demasiado grande de barrenadoras, innecesario para la perforacion de un panino generalmente dócil para dejarse taladrar.

El bajo aprovechamiento de la potencia motriz del vapor, por intermedio del aire comprimido, para obrar sobre la frente de trabajo, que apénas llega en casos como el presente, tratándose de una buena instalacion, en lo general á ser del 25 al 30 por ciento, acentúa demasiado los costos de la operacion en eventos como el de que se trata, supuesto que las calderas no trabajaban con economía, y las barrenadoras eran dispendiosas en aire comprimido. Una esmerada eleccion de aparatos instalados cuidadosamente,

probablemente habrian trabajado con un costo menor del 25 al 30 por ciento por lo ménos.

En vista del gravámen que reportaba esta especie de avance, hubiera convenido intentar únicamente la realizacion de los grandes barrenos al *cuele*, por medio de las perforadoras, y á la vez, á mano, los barrenos necesarios para el *empareje*. Con este sistema el costo del trabajo hubiera sido mucho menor, si bien la manera mixta de barrenar habria exigido una bien estudiada organizacion.

Segun el interesante estudio de Don José Villafaña, sobre las máquinas de barrenar usadas en la negociacion minera de San Cayetano en Guanajuato, se obtuvieron, en la prosecucion de dos socavones, los resultados comparativos siguientes:" [1]

SOCAVON "CONTINUACION."

| | Horas de trabajo por metro. | Precio por metro de avance. | Dimensiones. |
|---|---|---|---|
| A mano..... | $58\frac{7}{10}$ | $ 28 86 | $2^m \times 2^m$ |
| Con perforadoras | $12\frac{4}{10}$ | 44 38 | $2^m \times 2^m$ |

SOCAVON "SAN JULIAN."

| | | | |
|---|---|---|---|
| A mano..... | $72\frac{2}{10}$ | $ 34 12 | $2^m \times 2^m$ |
| Con perforadoras | $25\frac{7}{10}$ | 50 62 | $2^m \times 2^m$ |

"Segun este resúmen, agrega el Señor Villafaña, podemos decir que con perforadoras, en el Socavon Continuacion se ahorra el tiempo en la relacion de 1 á 4 y se gasta dinero en la relacion de 1,5 á 1. En el Socavon San Julian se ahorra el tiempo en la relacion de 1 á 3 [próximamente] y se gasta el dinero en la relacion de 1,5 á 1 (próximamente)."

De acuerdo con estos datos resulta el arranque á los precios siguientes:

*Socavon "Continuacion."*

| | |
|---|---|
| A mano, por metro cúbico..... | $ 7 21 |
| Con perforadoras..... | 11 09 |

*Socavon "San Julian."*

| | |
|---|---|
| A mano, por metro cúbico..... | $ 8 53 |
| Con perforadoras..... | 12 65 |

1 *Boletín de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros.* Guanajuato 1888, tomo 1, pág. 136.

Estos costos, por lo relativo á las dos perforadoras que trabajaron en cada frente, se refieren al avance, sin incluir el explosivo, ni los gastos de peones y alumbrado. En cuanto al costo del trabajo á mano, encierra probablemente el importe de los efectos consumidos por el destajero. Puede estimarse que se obtuvo el metro cúbico arrancado con el auxilio de las barrenadoras, incluyendo los demás gastos, á un costo de 13 á 14 pesos.

Este precio es demasiado elevado para que se extienda el uso de estas máquinas á todos los trabajos mineros, y únicamente en circunstancias especiales podrá emplearse con ventaja. A este respecto, en un informe que escribí hace algunos años, se encuentra el párrafo siguiente: "Infiérese pues, de lo expuesto, que cuando el interes principal de una obra minera dilatada consiste ante todo en acortar el tiempo, por envolver esto una economía pecuniaria de importancia, como suele acontecer, la aplicacion de las barrenadoras es ventajosa en todas circunstancias. Cuando dicho interes no es el del tiempo sino el de la economía pecuniaria, pueden las barrenadoras ser ó no convenientes, segun las condiciones de localidad. En el trabajo regularizado de las minas de Cornwall, en las que se ensayaron las perforadoras Dœring, se desecharon, en atencion únicamente á los resultados pecuniarios en obras que exigen como principal condicion de su desarrollo la economía de dinero, cuando la de tiempo no puede realizarse sino con un gasto que destruye sus ventajas." [1]

En las circunstancias de Guanajuato así como en las de Catorce lo he demostrado, el arranque se ejecuta con mayor rapidez conciliable con la economía pecuniaria, barrenando á mano y usando como explosivo la nitroglicerina, ó bien una buena dinamita elegida convenientemente, cuya base principal sea la misma sustancia.

De esta manera, bajo la gerencia del Ingeniero Don Francisco Glennie, se han ejecutado algunas obras que han caminado con rapidez y conomía. Citaré dos ejemplos en comprobacion de estos hechos.

1 *Informe sobre máqainas de barrenar presentado á la Junta Directiva de la Compañía "Union Catorceña" del Mineral de Catorce, por Pedro L. Monroy, Ingeniero de minas.*—Opúsculo, México 1878 pág. 25. *Boletin de la Somedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana, tercera época,* tocio IV, México 1878, pág 151.

El antiguo tiro vertical de San José de la vieja mina de Mellado, presentando señales amenazadoras de ruina, con motivo del hundimiento de la masa general del alto, originado por la enorme extraccion de frutos y de *ataques* en el curso de una extraccion de siglos, procedentes de los laboríos abiertos sobre la poderosa Veta Madre, fué preciso en tales circunstancias iniciar y abrir con eficacia el nuevo tiro de San Miguel, sobre una profundidad vertical de 182$^{m}$,60, á fin de no exponerse á que los trabaojs se interrumpieran. La obra se ejecutó en diez meses [de Julio 31 de 1880 á Mayo 28 de 1881] con los costos siguientes:

| | |
|---|---|
| Rebaje superficial para dar principio al tiro..... | $ 68 00 |
| Pagado por el cuele ó avance de la obra á destajo..... | 8,513 25 |
| Fortificacion de mampostería..... | 625 40 |
| Reparacion de herramienta..... | 1,586 50 |
| Al encargado de la obra y pegador..... | 370 00 |
| Total costo de la obra..... | $ 11,163 15 |
| Importaron los materiales gastados por el destajero..... | $ 2,116 05 |

Habiéndose invertido 43 semanas para la apertura, resulta el avance medio por semana á razon de 4½ metros, con un costo de $ 61 13 por metro.

Los gastos de avance del Crucero de Dolores, en la mina de Mexiamora, en dos semanas fueron los siguientes:

*Semana terminada en Julio* 12 *de* 1884.

| | | |
|---|---|---|
| 25 metros de barrenos de dia á..... | $ 1 00 | $ 25 00 |
| 29 metros de barrenos de noche..... | 1 00 | 29 00 |
| 11 paquetes de dinamita..... | 2 06 | 22 66 |
| 15½ hilos de velas..... | 0 34½ | 5 81 |
| 8 faeneros 44 dias..... | 0 50 | 22 00 |
| 222 mantas extraccion de tepetates..... | 0 99 | 22 12 |
| 2 barreteros de dia y de noche..... | | 8 00 |
| Total..... | | $ 134 59 |

Avanzó 6,10 metros, ó sea á $ 22 06 metro.

*Semana terminada en Julio* 19 *de* 1884.

| | | |
|---|---|---|
| 25,75 metros barrenos de dia á..... | $ 1 00 | $ 25 75 |
| 28 „ „ de noche á..... | 1 00 | 28 00 |
| 13 paquetes de dinamita..... | 2 06 | 26 78 |
| 16½ hilos de velas..... | 0 37½ | 6 18 |
| 7 faeneros, 38 dias á..... | 0 50 | 19 00 |
| 147 mantas, extraccion de tepetate..... | 0 92 | 13 65 |
| 2 barreteros de dia y de noche..... | 8 00 | 8 00 |
| Total..... | | $ 127 36 |

Avanzó 5,15 metros, ó sea á $ 24 73 el metro.

Para comparar estos últimos resultados bajo condiciones más ó ménos semejantes, citaré el Socavon de Sirena, abierto empeñosamente en Guanajuato con pólvora comun, de fines de 1856 á principios de 1861: [1]

| | |
|---|---|
| Longitud de la obra hasta el tiro de San Miguel. | 620,00 metros. |
| Avance semanario en promedio..... | 3,33 „ |
| Costo del metro con materiales por cuenta del destajero y con trasporte de escombros al exterior..... | $ 48 92 |

El Crucero de Dolores avanzó con mayor rapidez y á la mitad del costo del Socavon de Sirena.

A la vista de estos resultados, se notan las ventajas que en tiempo y economía pecuniaria se obtienen con el empleo inteligente de la buena dinamita. La baja en el precio de este explosivo, tan pronto como se fabrique en el país en grande escala, influirá notablemente sobre la operacion más importante por su costo en las minas, cual es la del arranque para los diversos objetos del laborío.

Con posterioridad á lo narrado en los párrafos que anteceden, he recibido datos sobre apertura de obras mineras ejecutadas en el país con barrenadoras, y como no carecen de interes, paso á exponer un rápido compendio.

La Compañía de Nueva York, dueña de las perforadoras Rand, tiene instalado en esta República, de algunos años atrás, al inteligente y laborioso representante, al Ingeniero de Minas Don Víc-

1 Véase el resúmen histórico de este trabajo minero, en los *Anales de la Minería Mexicana.*—México 1861, pág. 261.—Informe del finado Ingeniero Don Justino Ramírez que trazó y dirigió la apertura de esta obra.

tor M. Braschi. Bajo la inspeccion de este caballero, hízose la instalacion de compresoras y demas componentes de la planta, con la cual se han abierto mil cuatrocientos metros de escavacion en el socavon de la Purísima, perteneciente á la Negociacion de San Acacio, en Veta Grande, cerca de Zacatecas, con un avance, promedio de trece semanas [de Agosto 15 á Noviembre 15 de 1891] de $11^m,9$, con tres barrenadoras Slugger, de $3\frac{1}{8}$ pulgadas inglesas de diámetro, y una seccion mínima de la obra de $2\frac{1}{2}$ por $2\frac{1}{2}$ metros.

En el Socavon de San Cayetano, en Guanajuato, perteneciente á la Compañía Unida, el avance ha sido de $10^m,85$, promedio de 12 semanas de trabajo, con cuatro barrenadoras Slugger, de $2\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro, y una seccion de la obra de $2\frac{1}{2}{}^m$ de anchura, por $2\frac{3}{4}$ de altura.

En el primer caso el arranque del metro cúbico ha importado $ 0 89, y en el segundo $ 0 80. Este tipo de costo es ya suficientemente económico para llamar la atencion de los mineros sobre un sistema, que á la rapidez reune la baratura relativa del trabajo.

El arranque ejecutado á *corte y rebaje*, es decir en un escalon ó grada, como frecuentemente acontece en el disfrute, es notablemente más barato que cuando se ataca una frente para el avance. Sin embargo de que este hecho por muy conocido no necesita demostrarse, presentaré algunos datos, con el único objeto de estimar la relacion del mayor efecto del explosivo en un rebaje, respecto del obtenido en una frente. Para que la comparacion sea clara me referiré al mismo Socavon de Purísima de Catorce.

Durante una corta temporada de 1875, la apertura de la obra se ejecutó parcialmente, avanzando la mitad superior de la frente y dejando por tanto un escalon de dos metros próximamente de altura, por $4^m,2$ de anchura. Despues, para atacar simultáneamente toda la frente, se procedió al arranque del escalon, cuyo trabajo se ejecutó en un tramo, por medio de 215 barrenos, con una longitud total de 381 metros, ó sea en promedio $1^m,78$ por barreno, y $7^m,95$ por metro de escalon, ó bien $0^m,95$ por metro cúbico de roca. El costo de arranque de $47^m,90$ de escalon, realizado en cinco semanas, fué el siguiente, incluyendo en los barrenadores los jornales para el *apalanque:*

*Mano de obra.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 481 jornales de barrenadores á.... | $ 1 00 | $ 481 00 | |
| 26 ,, de un feriador á..... | 0 50 | 13 00 | |
| 29 ,, de un capataz á..... | 1 50 | 43 50 | $ 537 50 |

*Explosivo.*

| | | |
|---|---|---|
| 245 libras de nitroglicerina, con cartucho, mecha, estopin ó petardo y jornal del disparador, á..... | $ 2 00 | 490 00 |

*Alumbrado.*

| | | |
|---|---|---|
| 7 arrobas 10 libras velas de sebo á $ 5 00 arroba..... ..... | | 37 00 |
| Total costo del arranque..... | | $ 1,064 50 |

El costo por unidad de medida fué el siguiente:

| | Por metro de rebaje. | Por metro cúbico. |
|---|---|---|
| Mano de obra y vigilancia..... | $ 11 23 | 1 34 |
| Nitroglicerina y anexos..... | 10 24 | 1 22 |
| Alumbrado..... | 0 77 | 0 09 |
| Total..... | $ 22 24 | $ 2 65 |

Este costo es pues, de poco más de la mitad del ántes manifestado para el métro cúbico de avance en la frente de la misma obra y sobre el mismo panino.

En esta especie de labor á rebaje, el arranque con la nitroglicerina era de tal rendimiento, que dedicándose los puebles de dia para barrenar y disparar, era preciso descombrar durante dia y noche. Sin embargo, no se aprovechaba toda la potencia del explosivo, en virtud de que ensanchando las dimensiones de las frentes sobre las que deberían obrar los barrenos, los trozos de rocas desprendidos habrian sido de tal manera voluminosos, que para fraccionarlos se hubieran necesitado tambien de barrenos.

Cada metro cúbico ha consumido pues, para su arranque bajo de estas condiciones, á *corte y rebaje*, 281 gramos de nitroglicerina, ó sea poco más de la mitad del necesario para el metro cúbico de frente.

Disponiendo de buena dinamita, á moderado precio, se pueden fraccionar con rapidez y economía los grandes trozos de roca por medio del explosivo, sin que sea preciso barrenar, simplemente

superponiéndoles los cartuchos con una liger a cubierta de tierra sobre la cual se hace descansar un trozo de roca para proceder al disparo.

Puede decirse que de algunos años á esta parte se compra la nitroglicerina incluida en las dinamitas de mejor calidad, en el centro de la República, de 65 á 80 centavos la libra, cuyo costo es sin duda bien inferior al que resultaba para la preparada en Catorce, importando del extrangero los ácidos y la glicerina. Tan pronto como en el país tome importancia la fabricacion del ácido sulfúrico, se podrá obtener la nitroglicerina á más bajo precio.

Es tan marcada la influencia que tiene el costo del arranque en una explotacion, aun tratándose simplemente del disfrute, que con facilidad se reconoce su economía en el costo líquido de los frutos. En efecto, hasta ahora no conozco ninguna empresa en el centro del país, que como la negociacion minera de Proaño en Fresnillo, haya podido sistemar su marcha con leyes de plata más bajas, sin embargo de que, exceptuando el desagüe que se realizaba con economía, por medio del vapor, las demás operaciones de la explotacion eran dispendiosas en igual grado que en nuestros demas distritos mineros, y no obstante esto, con esas leyes bajas caminaba sin desequilibrio unas veces y otras producia utilidades. La fuerte extraccion de carga mineral, sin duda disminuia los gravámenes que sobre ella pesaban inevitablemente, como los del desagüe, los gastos generales y los de la conservacion de tiros, cañones, caminos, etc.; pero es preciso advertir, que además de la carga arrancada á mano, figuraba entre el producto de las minas, una fuerte cantidad procedente del disfrute por derrumbe promovido en regiones de labrados viejos abandonados, y probablemente bonancibles en otra época.

El cuadro siguiente tomado de los guarismos consignados por el Sr. Don Pascual Arenas, [1] dará una idea de la produccion de las citadas minas, durante el curso del año corrido de la semana número 27 de 1856, á la número 26 de 1857. He suprimido la partida de "aumento de carga," y la he distribuido proporcionalmente entre las demás partidas, supuesto que ella procedia de pesarse la carga mineral *demasiado corrida.*

1 *Memoria sobre la fortificacion de las minas del Fresnillo en los Anales de la Minería Mexicana.* México, 1861. pág. 198.

| | | Cargas de 12 arrobas. |
|---|---|---|
| Paradas á la carga | 748 | |
| Paradas de obra | 100.570 | |
| Total cantidad de frutos arrancados á mano | | 101.318 |
| *Limpias*, ó sean frutos obtenidos por derrumbe | | 176.665 |
| Pepena de terrenos | | 15.551 |
| Total producto en un año | | 293.534 |

Así pues, el 60 por 100 del total fueron frutos que apénas si reportaban algunos gastos para obtenerlos por derrumbe ó hundimiento. Dejan conocer estos datos por qué esa negociacion, célebre en otro tiempo y de varios años atrás extinguida, pudo marchar con una ley media general obtenida en el beneficio de 20 á 22 onzas de plata por tonelada mexicana. En el decenio de 1853 á 1862, el costo medio de una carga [de 12 arrobas] en la mina, con todos los gastos, fué de $ 1 63, y el de una tonelada en el beneficio, bajo las mismas condiciones, é incluyendo el azogue, $ 11 17 cs. [1] El costo total líquido en mina y hacienda respecto de una tonelada fué, pues, de $ 22 00. Si el costo de beneficio no se hace notable actualmente por su baratura, sin embargo de que lo era en aquella época, lo es ciertamente el de mina, supuesto que con un poco más de 10 onzas de plata efectivas por tonelada, quedaba cubierto este costo.

Los gastos ocasionados por el trasporte subterráneo de escombros y de frutos en Guanajuato, suelen ser de consideracion; pero nunca llegan á tener la importancia de los referentes al arranque. Sin embargo, cuando se trata de reducirlos empleando á este efecto el uso de los ferrocarriles de mina, ó al ménos el de los carros y carretillas de mina, se suele tropezar con la dificultad de no encontrar los laboríos antiguos convenientemente desarrollados. La falta de cañones generales espaciados debidamente y puestos en fácil comunicacion con las labores de donde se arrancan los frutos, sea por medio de ferrocarriles inclinados fijos ó portátiles, sea por el descenso en la vertical de los carros cargados que hacen ascender á los vacíos, ó bien por medio de chorreaderos ó buzones

1 *Dictámen de la Comision de impuestos, nombrada por la Junta de Minería*, firmada el 25 de Mayo de 1868 en México, por los inteligentes Ingenieros Don Miguel Velázquez de Leon, Don Antonio del Castillo y Don Ignacio Rule. *Orozco y Berra, La Moneda en México.* México 1880, pág. 345.

provistos de compuertas, es un obstáculo grave para regularizar el trasporte. Mediante los arbitrios citados, los escombros y frutos se colocan por su propio peso sobre las vias generales de trasporte.

En algunas minas, como en Valenciana, en Cata y en Mellado, se ha introducido el uso de los ferrocarriles subterráneos, en tales términos que los carros cargados circulan por los cañones y concurren á los despachos de los tiros, á fin de ascender con su contenido al exterior, y del brocal seguir sobre los ferrocarriles de los patios hasta ser vaciados en los sitios convenientes. Este método rápido, sencillo y económico de trasporte y extraccion es recomendable, y seria de desear que se generalizara en todas nuestras minas, así para los frutos como para los escombros que se hace preciso extraer. Conviene recordar que el peso del carro con el del aparato sobre el que se apoya para ascender por un tiro, queda compensado con el tren de la misma naturaleza que desciende por el otro cable del mismo malacate, sin gastar de fuerza motriz para el movimiento de estos pesos adicionales, sino la necesaria para vencer los rozamientos consiguientes, y ciertamente el costo de esta fuerza y el del deterioro de los cables y aparatos, es menor que el gasto indispensable ocasionado por los diversos trasvases de la materia trasportada, cuando debe vaciarse en el despacho del tiro, á fin de cargarla sobre los vehículos movidos por los malacates; los cuales á su vez deberán descargar en el brocal del tiro, para que de allí la masa sea conducida al sitio conveniente.

La economía pecuniaria que resulta con el empleo de este sistema, es tan aparente, en parangon con el uso antiguo de ocupar *tenateros*, ó sean peones destinados á conducir sobre la espalda los frutos y los escombros, para situarlos en el despacho ó en el sitio conveniente, por un tanto el viaje con determinado peso, que no merece la pena establecer comparaciones, y únicamente puede asentarse, que en las minas de cierta importancia, la partida de costo de los trasportes exterior é interior, ejecutado sobre vias férreas, se reduce á una insignificancia en paralelo con el realizado á hombro.

Logrando que el arranque, el trasporte y la extraccion de frutos y de escombros se realice tan económicamente como sea po-

sible, puede decirse que la explotacion se encuentra ya en condiciones favorables para producir frutos á un tipo de costo barato, y por consiguiente es posible nivelar los gastos con la adquisicion de masas de bajo contenido de plata. Pero aún hay otra operacion de laborío que grava con su costo los productos de una manera constante y casi siempre notable, cual es la del desagüe.

El agua en Guanajuato no es un enemigo poderoso como en otros muchos de nuestros distritos metalíferos, y sin embargo no es raro encontrar que el costo de esta operacion en las minas profundas, absorbe del diez al quince por ciento, y aun á veces más de los gastos de toda la explotacion. En la estacion de ménos agua en nuestras minas, ó sea en el curso de más de la mitad del año, los manantiales que afluyen á las cajas de desagüe de Valenciana, Cata y Rayas, son para cada una de ellas de cuatro litros próximamente por segundo; miéntras que durante las afluecias extraordinarias provenidas de las lluvias, monta esta cantidad en Valenciana á $7\frac{1}{5}$ y en Cata á $15\frac{1}{3}$ litros por segundo, segun las notas que se sirvió comunicarme el Ingeniero Don Francisco Glennie. El costo del caballo dinámico de efecto útil para elevar estas aguas, es de 10 á 12 centavos de peso por hora, con un consumo de leña de encino de 8 á 10 kilógramos en el mismo tiempo, con valor de 8 á 10 centavos por arroba [$11\frac{1}{2}$ kilos].

El inteligente Ingeniero de minas Don Manuel M. Contreras, en la época de sus estudios de práctica en Fresnillo, en 1854, determinó el trabajo mecánico de las dos máquinas inglesas de vapor, con cilindro motriz de 80 pulgadas de diámetro, del sistema Cornwall, que ejecutaban el desagüe de las minas del Cerro de Proaño, por los tiros generales de Beleña y San Francisco, con bombas de forzador [*plongeur*] de 15 pulgadas inglesas de diámetro en el primer tiro, y de 14 en el segundo, siendo en ambos la carrera de 9 piés. La extraccion de agua era la siguiente:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Por el Tiro de Beleña..... | $16\frac{9}{10}$ | litros por segundo, | elevados á | 331 | metros. |
| Por el Tiro de San Francisco | $14\frac{4}{10}$ | ,, ,, | ,, | $377\frac{1}{2}$ | ,, |

La total cantidad de agua elevada era, pues, de $31\frac{3}{10}$ litros por segundo, exigiendo un trabajo útil total de $147\frac{1}{4}$ caballos de vapor, consumiendo ambas máquinas, en un promedio de seis meses, por hora y por caballo, $6\frac{1}{2}$ kilógramos de leña, y siendo el costo

del caballo útil de trabajo en una hora, $7\frac{4}{10}$ centavos, con leña á $10\frac{1}{2}$ centavos la arroba próximamente.

Debo á la amabilidad del mismo Ingeniero Contreras, mi buen amigo, los siguientes interesantes datos: La máquina de desagüe del tiro de San Juan en Pachuca, de traccion directa, y en lo demás del sistema Cornwall, de 85 pulgadas inglesas de diámetro el cilindro motriz, y de 10 piés de carrera, levantando proximamente 22 litros por segundo, producia un efecto útil de 49 caballos en 1870, con un consumo de leña y un costo por hora y por caballo, de $5\frac{4}{10}$ kilógramos y $5\frac{9}{10}$ centavos de peso, con leña de pino á un costo de $43\frac{3}{4}$ centavos la carga de 12 arrobas, ó sean 138 kilógramos. La máquina de Dolores del Real del Monte, sistema Cornwall, de 75 pulgadas de diámetro el cilindro motriz, y 9 piés de carrera, levantaba por igual época, 105 litros por segundo á 142 metros de altura, ó sea un trabajo útil de 199 caballos, con un consumo de leña y un costo por hora y por caballo, de $7\frac{6}{10}$ kilógramos, y 4 centavos de peso, con leña de pino á $37\frac{1}{2}$ centavos la carga de 12 arrobas.

Comparando la cantidad de agua marcada en estos ejemplos, con la producida generalmente por las minas guanajuatenses, se reconoce la poca importancia relativa que tienen las afluencias en las últimas.

En la mina de Candelaria, en el Distrito de Pinos del Estado de Zacatecas, se hizo notable el aumento de las aguas con el de la profundidad, más allá de lo que pudiera indicar una prevision prudente. Efectivamente, habiendo avanzado en seco los labrados de esta mina, á los 148 metros verticales bajo del brocal del tiro de San Isidro, se presentó el nivel espontáneo de las aguas cuyo caudal aumentó en la forma siguiente:

| Profundidades partiendo del brocal del tiro de San Isidro. | Agua producida por segundo en litros. |
|---|---|
| 148,0 metros. | 0,00 nivel espontáneo. |
| 152,3 | 0,74 |
| 163,0 | 2,95 |
| 167,0 | 3,33 |
| 174,0 | 5,33 |
| 182,3 | 6,26 |
| 188,3 | 7,00 |
| 192,3 | 8,00 |

Estas afluencias se manifestaron cuando la sangría situada á los $192\frac{3}{10}$ metros de profundidad [llamada de la Asuncion] aún no cortaba la veta; pero al iniciarse este corte por el bajo de ella, el caudal aumentó todavía más.

Estos notables incrementos observados con atencion, y comparados con los que debieron sobrevenir bajo las presiones correspondientes á las alturas partiendo del nivel espontáneo, brotando el líquido por las mismas fisuras de escape, y suponiendo que estas no presentaran alteracion ni aparecieran otras nuevas, se llega á la conclusion de que el aumento práctico era superior notablemente de lo indicado por la teoría. La afluencia, pues, de las aguas, que por entónces y de la manera dicha brotaban sin paso franco, era un indicio seguro de un caudal mucho mayor listo para surgir, como en efecto aconteció despues, tan pronto como se abrió un nuevo tiro [el de San José] y se comenzó el corte de la veta por el alto.

Destinado el tiro de San José para el desagüe principalmente, al comenzar la sangría el corte de la veta, poco más ó ménos á la misma profundidad de 192,3 metros, contada por San Isidro, las aguas brotaron con energía, en tales términos, que al ejecutarse el desagüe simultáneamente por los tiros citados, en los primeros meses de 1888, el manantial de San José apareció de $25\frac{76}{100}$ y el de San Isidro de $12\frac{15}{100}$ litros, ó sea un total de $37\frac{91}{100}$ por segundo, ántes de destacarse cañones sobre la veta. Un desnivel de 40 metros produjo un aumento en la afluencia de las aguas, desde tres cuartos de litro, hasta llegar á 38 por segundo; aumento ciertamente notable que no era de presumirse, y que, en consecuencia, hizo fracasar los ensayos de desagüe implantados recien encontrada el agua.

Este aumento anormal, ciertamente oneroso, felizmente no es comun en las minas mexicanas, y así en Guanajuato como en otros muchos distritos, puede presuponerse alguna mayor afluencia con el incremento de la profundidad; pero aun tratándose de las afluencias extraordinarias consiguientes á la abundancia de las lluvias, no se hacen sentir en Guanajuato con mayor energía en la mina de Valenciana, cuyos labrados, bastante extendidos, son los más profundos, sino en la vecina de Cata, en la que los planes, ménos extensos se encuentran mucho más altos, y esto sin duda

alguna por su situacion entre cañadas que permiten fácil acceso á las infiltraciones superficiales.

El desagüe establecido en 1874 por el entendido Ingeniero Don Ignacio C. Rocha, para habilitar los célebres laboríos de las minas de la Luz y de San José de los Muchachos, que tan bonancibles se sostuvieron por varios años á mediados de este siglo, se efectuó por medio de dos locomóviles inglesas, cada una de las cuales movia un malacate con sus respectivos cables de alambre y tonelesguiados, tal y como en Valenciana se habían establecido en el año anterior. Los resultados económicos de la operacion, segun los datos que bondadosamente me comunicó el mismo Señor Rocha, fueron los siguientes: En las últimas 14 semanas de 1874, cuando las locomóviles estaban nuevas, el gasto de leña por hora y por caballo dinámico de efecto útil, fué de $9\frac{2}{10}$ kilógramos [20 libras mexicanas]. Ambas máquinas desarrollaron un efecto útil en promedio de $22\frac{21}{100}$ caballos de vapor, siendo el contenido de cada tonel de 1,200 litros.

En 1877 los resultados de 40 semanas de trabajo fueron los siguientes:

| | *Leña consumida.* | *Toneles extraidos.* | *Costo del desagüe.* |
|---|---|---|---|
| | Arrobas. | Número. | |
| Promedio semanario. | 2,621 | 2,517 | $ 443 49 |

El efecto útil por máquina fué de $8\frac{2}{10}$ caballos: consumo de leña [á 18 arrobas por un peso] y costo por hora y por caballo, 12 kilógramos [26 libras] y 11 centavos de peso, ó bien al precio de 10 centavos por arroba de leña, el costo habria sido de $15\frac{2}{3}$ centavos.

Ciertamente que este resultado no fué muy favorable, sin embargo de que fué más económico que el que se habria logrado con malacates de caballos, supuesto que no son las máquinas locomóviles las más adecuadas para un servicio activo, constante y de duracion indefinida. En Rayas produjo todavía inferiores resultados una locomóvil semejante ya deteriorada, supuesto que, segun los interesantes datos del entónces aspirante á Ingeniero de minas Don Alejandro Mendoza, en Febrero de 1882, época en la cual se trabajaba con esa máquina, el consumo de leña era de $27\frac{6}{10}$ kilógramos [60 libras] y el costo de 25 centavos de peso por hora y por caballo de vapor de efecto útil.

Comparando, aun cuando sea de paso, los costos del caballo dinámico de efecto útil en el desagüe en Guanajuato, especificados en el capítulo anterior, con los que acabo de citar, y con los datos de las otras localidades mencionadas, obtengo el siguiente resúmen.

## En Guanajuato.

| | Costo del caballo dinámico de efecto útil por hora. |
|---|---|
| *Con malacates comunes* movidos por caballos, valiéndose de cables de jarcia y de botas de cuero sin curtir, y no guiadas, conforme al uso antiguo, segun el precio del maíz y de las pasturas..... | de 23 á 28 centavos. |
| *Con malacates comunes* movidos por caballos [estando el maíz á $1 75 la fanega, y la paja de cebada á $0 22 la arroba] levantando toneles guiados y ocupando para todo el servicio cables de alambre..... | de 20 á 21½ centavos. |

## *Con malacates de vapor sin condensacion.*

| | Por hora y por caballo dinámico de efecto útil. Leña consumida. | | Costo. | |
|---|---|---|---|---|
| Estrayendo toneles con 1,138 litros de agua [99 arrobas] inaugurados en Valenciana en 1873, de una profundidad media de 427 metros..... | 11½ | kilos | 14½ | centavos. |
| En la mina de Cata, con un malacate de los de Valenciana [de 1873] trasladado, estrayendo toneles con 1,725 litros (150 arrobas) de una profundidad de 230 metros..... | $10\frac{6}{10}$ | ,, | 12½ | ,, |
| En el Tiro de la Asuncion en la Luz, con toneles de 1,200 litros [104 arrobas], de una altura media estimada en 200 metros..... | 12 | ,, | | |
| y un costo, al precio tomado como tipo, de 10 centavos arroba de leña..... | | | $15\frac{2}{3}$ | ,, |
| En Valeneiana y Cata, con los malacates montados en 1885, de dos cilindros motores conjugados, y toneles para la primera con un contenido de 2,300 litros de agua [200 arrobas] elevados á 510 metros próximamente, y para la segunda los toneles de 2,646 litros (230 arrobas) á una altura al socavon de desagüe de 230 metros..... | 9 | ,, | 11 | ,, |
| En el Tiro general de Rayas, con el malacate grande establecido por la Sociedad "La Concordia", elevando toneles de 3,452 litros (300 arrobas) á una altura media de 191½ metros.... | $7\frac{1}{10}$ | ,, | $8\frac{7}{10}$ | ,, |

## En otros Distritos de Minas.

| | Por hora y por caballo dinámico de efecto útil. Leña consumida. | Costo. |
|---|---|---|
| En Fresnillo, cerca de Zacatecas, por medio de dos máquinas de bombas del sistema Cornwall (expansion y condensacion al mayor grado posible) con leña á $10\frac{1}{2}$ centavos arroba, $7\frac{4}{10}$ centavos. Corregido este costo para estimarlo con 10 centavos arroba..... | $6\frac{1}{2}$ kilos | $7\frac{1}{10}$ centavos. |
| En Real del Monte en 1868, con la máquina de Dolores del sistema Cornwall, con leña á $\frac{1}{4}$ de real arroba, 4 centavos, ó bien con leña á 10 centavos..... | $7\frac{6}{10}$ ,, | $8\frac{1}{2}$ ,, |
| Esta misma máquina en 1888, desarrollando un efecto útil de $102\frac{24}{100}$ caballos de vapor, elevando el agua á una altura de $100\frac{6}{10}$ metros, con leña muy seca..... | $7\frac{6}{10}$ ,, | 12 ,, |
| Con la máquina de San Juan en Pachuca, de traccion directa y en lo demás del sistema Cornwall, el costo fué de $5\frac{9}{10}$ centavos con leña á $3\frac{1}{2}$ reales [$43\frac{3}{4}$ centavos] la carga de 12 arrobas en 1870; por consiguiente á 10 centavos arroba, habria sido..... | $5\frac{4}{10}$ ,, | $8\frac{9}{10}$ ,, |
| En 1887 y 1888 los resultados fueron..... | $5\frac{9}{10}$ ,, | 11 ,, |

Es notable el costo del desagüe con la última máquina, demasiado elevado para ese sistema; pero quizá dependa de que este tren destinado para una fuerte potencia [supuesto que la nominal es de 350 caballos] apénas produce un efecto útil de 49 caballos.

Los malacates de vapor establecidos en Valenciana en 1873, gastaban, segun lo expresado en el cuadro anterior, $25\frac{3}{100}$ libras mexicanas por hora y por caballo de vapor de efecto útil, y el de Cata, igual á los anteriores, pero funcionando á menor profundidad, 23 libras.

Los malacates de doble potencia instalados en 1885 en Valenciana y Cata, han gastado de 17 á $21\frac{1}{2}$ libras bajo las mismas condiciones.

El gran malacate de la Sociedad "La Concordia" establecido en Rayas, ha gastado segun los precisos datos del Ingeniero Don

Francisco Reynoso, [1] en promedio, durante el trabajo del desagüe realizado en 34 semanas, hasta planear las aguas, $15\frac{1}{2}$ libras próximamente ($7\frac{11}{100}$ kilógramos).

La comparacion de estos guarismos deja reconocer marcadamente las mejoras que necesariamente se han realizado al establecer los malacates más recientes, y sin embargo de ellas, los consumos de leña son superiores á los que requerian las antiguas máquinas aplicadas á las bombas en Fresnillo, instaladas en 1844, y que como quedó asentado, gastaban en promedio $14\frac{1}{10}$ libras [$6\frac{1}{2}$ kilógramos] por caballo y por hora de trabajo.

La máquina de San Juan en Pachuca, que era la más económica aplicada al desagüe de las pertenecientes á la importante Negociacion minera del Real del Monte y Pachuca, con calderas de acero, establecida en 1858, gastaba en 1870, $11\frac{2}{3}$ libras, y en 1889, segun los datos de mi ilustrado amigo Don Manuel M. Contreras, $12\frac{84}{100}$ libras de leña por hora y por caballo de vapor de efecto útil.

En 1881 la Compañía inglesa dueña de la Negociacion minera del Bote en Zacatecas, instaló una máquina de vapor en el tiro de Llave, de Mesteñas, de doble efecto, dos cilindros segun el principio de Woolf, y condensacion [*Compound condensing engine*, fabricada por los Srs. Hathon Davey and Co. de Leeds, en Inglaterra]. Por medio de bombas levantaba unos doce litros de agua por segundo en 1886, de una profundidad de 170 metros. Bajo las mejores condiciones para la economía de combustible, ocupando únicamente una caldera, ha consumido esta máquina $7\frac{1}{2}$ kilógramos [$16\frac{4}{10}$ libras] de leña buena de mezquite y de encino regularmente seca; y usando para el mismo objeto dos calderas, ha gastado $9\frac{1}{2}$ kilógramos [$20\frac{7}{10}$ libras]. Esto conforme á los muy interesantes informes del Ingeniero encargado del desagüe, Mr. Ernesto J. Ayton.

A la vista de estos guarismos se reconoce claramente que los malacates de vapor empleados en Guanajuato para el desagüe, han llegado á perfeccionarse hasta lograr con ellos buenos resultados económicos. Esta consecuencia expresada en pocas palabras, es sin embargo el fruto de doce ó catorce años de experiencias y

1 *Boletin de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros.* Guanajuato 1888, tomo 1, pág. 82.

observaciones, durante el curso de los cuales se han ensayado diversos sistemas de calderas [las del privilegio americano de Root, que fué preciso desechar, sustituyéndolas por otras de dos hervidores sobrepuestos de un cuerpo principal, *Elephant boiler*, y por último, éstas á su vez han sido reemplazadas con ventaja, en cuanto al gasto de combustible, por otras de gran cuerpo cilíndrico, calentado inferiormente de una manera directa, y volviendo los gases por *fluces*, sistema de locomotiva, á fin de salir por la chimenea, colocada arriba del hogar] y ha sido preciso vencer no pocas dificultades que seria largo enumerar.

No puede decirse otro tanto relativamente á mejoras introducidas en las máquinas de vapor en otros distritos mineros, aplicadas para el movimiento de los trenes de bombas. Efectivamente, la inteligente eleccion é instalacion de calderas para la económica generacion del fluido elástico necesario, y la de un aparato motriz de trabajo económico para el gasto de vapor, contando con la expansion y condensacion al más elevado grado posible, debieran haber realizado el establecimiento de máquinas para efectuar el desagüe á tipo de costo barato; pero si se comparan los gastos de combustible de los trenes de bombas que he citado, desde luego se reconoce que el consumo es elevado, y aun el de la máquina de Dolores del Real del Monte es mayor que el del moderno malacate de Rayas.

El sabio frances Mr. Combes, hizo constar hace largos años, que el consumo de hornaguera en las máquinas de desagüe del Condado de Cornwall en Inglaterra, era de 2 kilógramos de hulla por hora y por caballo dinámico de efecto útil, [1] y manifestó tambien, que si con un kilógramo de hulla de buena calidad se vaporizaran en promedio 8 kilógramos de agua en las calderas de esas máquinas, entónces el consumo deberia reducirse á $1\frac{53}{100}$ kilógramos por hora y por caballo de efecto útil.

Posteriormente el General Morin, se expresaba de la manera siguiente: [2] "Los límites entre los cuales varía el consumo de combustible son mucho más extensos [que los consumos de agua], y

1 *Traité del'exploitation des mines par M. Ch. Combes.* Edicion de Liège 1846. Tomo III, pág. 350.

2 *Aide Memoire de Mecanique Pratique par Arthur Morin.* Paris 1864, pág. 253.

en esta diferencia se encuentra la prueba de la influencia preponderante de la caldera en el efecto general. Ciertas máquinas de vapor consumen nada más $1\frac{2}{10}$ kilógramos de hulla por fuerza de caballo y por hora; el consumo de ciertas otras llega y pasa de 5 y 6 kilógramos. Para que la cifra de este consumo pueda bajar á $1\frac{20}{100}$ kilos para una vaporizacion de 12 kilos de agua, es necesario que la caldera vaporice 10 kilos de agua por kilo de combustible, y este rendimiento es muy difícil de obtener. Si comparamos de la misma manera el consumo de agua de 30 kilos con el consumo de combustible de 6 kilos, encontrarémos nada más 5 kilos de agua vaporizada por kilógramo de combustible, y este corto rendimiento denota que la caldera funciona en muy malas condiciones. La mejor máquina obviará muy imperfectamente los resultados de una mala caldera, y sobre este punto debe fijarse principalmente la atencion del constructor y del propietario manufacturero."

La máquina de bombas para elevar el agua en Brooklyn junto á Nueva York, segun puede calcularse por los datos presentados por Haswell, [1] sobre una potencia útil de $18\frac{3}{4}$ caballos dinámicos, consume por hora y por caballo de efecto útil $1\frac{1}{2}$ kilógramos de antracita.

Sin embargo de lo expuesto, en Europa misma, en la generalidad de los casos parece no haberse llegado á alcanzar el resultado indicado por Combes, y en muchas instalaciones importantes para el desagüe de grandes centros mineros, el consumo estimado durante períodos largos de trabajo, excede algo de 2 kilógramos de hulla por hora y por caballo de efecto útil. Pásece en efecto la vista por las máquinas descritas por Mr. Burat en su *curso de Explotacion de minas*, capítulo VIII, relativo al desagüe, y únicamente se encontrará entre los trenes allí citados, el de Saint Laurent en el Creusot, cuyo consumo sea menor. Mr. Burat se expresa de la manera siguiente ántes de efectuar su descripcion: "Acabamos de indicar cuál era el estado de los estudios relativos á las máquinas de desagüe, cuando surgió el problema de centralizar la extraccion de las aguas en las hornagueras del Creusot. Una máquina de esta importancia puesta en estudio en este foco de cien-

1 *Engineers' and Mechanics' Pocket-Book, by Chas. H. Haswell.*

cia y de experiencia mecánica, deberia conducir á una obra de primer orden. El aparato del tiro de Saint Laurent, puede considerarse en efecto, como un tipo notable por la lógica de su concepcion y por la perfeccion de todos los detalles. Esta máquina modelo constituye un honor para las hornagueras francesas, y gracias á las comunicaciones de los ingenieros del Creusot, tenemos la felicidad de poder presentar los documentos que han servido de base para el estudio, y los planes que especifican los caracteres generales de la disposicion adoptada."

El consumo de esta instalacion así elogiada, es de $1\frac{7}{10}$ kilógramos por hora y por caballo dinámico de efecto útil, y por tanto se acerca algo al designado por Mr. Combes.

En vista de estos datos, resta únicamente para aplicarlos á nuestra República, efectuar una comparacion, siquiera sea aproximativa, entre las hullas europeas y las leñas del país.

Segun los ensayos ejecutados por los alumnos de la Escuela Práctica de Minas del antiguo Colegio Nacional de Minería [entre los cuales tuve la honra de contarme], bajo la direccion del muy inteligente profesor y respetable amigo mio el Sr. Don Miguel Velázquez de Leon, puede estimarse que las leñas de álamo, encino, fresno, madroño, mezquite y pino, de las cercanías de Fresnillo en el Estado de Zacatecas, con una desecacion espontánea de más de seis meses, tienen en promedio un poder calorífico de 3,200 caloríos. El interes que estos datos pudieran ofrecer á nuestros ingenieros é industriales, me induce á trascribir el resúmen numérico de los resultados obtenidos concernientes á estas maderas.

---

# MADERAS DE LAS CERCANIAS DE FRESNILLO.

| NOMBRE COMUN. | Densidad. | Agua higroscópica. | Parte volátil. | Carbón. | Ceniza. | Poder calorífico. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Alamo | 0 470 | 7 321 | 72 836 | 19 600 | 0 243 | 3,110 |
| Alamo Temblon | 0 483 | 11 000 | 63 690 | 24 000 | 1 310 | 3,467 |
| Cedro | 0 783 | 6 450 | 69 774 | 23 540 | 0 236 | 3,627 |
| Encino | 0 745 | 12 400 | 62 701 | 23 300 | 1 599 | 3,443 |
| Idem | 0 922 | 7 025 | 72 264 | 20 430 | 0 281 | 3,198 |
| Variedades del Encino. Palo Colorado Sauz | 0 801 | 10 581 | 68 005 | 20 420 | 0 994 | 2,809 |
| Variedades del Encino. Palo Colorado Manzano | 0 763 | 12 427 | 67 837 | 19 058 | 0 678 | 2,894 |
| Variedades del Encino. Palo Blanco | 0 882 | 11 804 | 67 387 | 20 048 | 0 761 | 2,584 |
| Fresno | 0 849 | 7 125 | 73 305 | 19 100 | 0 470 | 3,396 |
| Idem | 0 847 | 7 238 | 71 989 | 20 370 | 0 403 | 3,402 |
| Madroño | 0 952 | 7 170 | 68 033 | 24 570 | 0 227 | 2,937 |
| Mezquite | 0 534 | 9 000 | 58 360 | 29 000 | 3 640 | 3,452 |
| Idem | 0 527 | 7 500 | 66 390 | 23 440 | 2 670 | 3,386 |
| Pino | 0 538 | 11 050 | 69 830 | 18 670 | 0 450 | 3,579 |
| Idem | 0 536 | 11 000 | 72 541 | 15 177 | 1 282 | 3,743 |
| Pino Piñon * | 0 525 | 8 154 | 70 466 | 21 153 | 0 227 | 3,571 |
| Pino Prieto * | 0 468 | 7 965 | 71 354 | 20 512 | 0 169 | 3,690 |
| Pino Balcarrote* | 0 540 | 7 841 | 72 079 | 19 758 | 0 322 | 3,678 |
| Pino Cipres | 0 473 | 6 860 | 76 633 | 23 360 | 0 139 | 3,840 |
| Pino Ayarin | 0 556 | 8 040 | 65 336 | 26 510 | 0 114 | 2,497 |
| Pino Acahuite | 0 592 | 8 290 | 72 920 | 18 500 | 0 290 | 2,579 |
| Pino Real | 0 435 | 6 600 | 70 595 | 22 478 | 0 327 | 2,644 |
| Pino Chino | 0 633 | 8 600 | 68 775 | 22 484 | 0 141 | 2,492 |
| Pino Triste | 0 586 | 8 465 | 70 290 | 21 093 | 0 152 | 3,395 |
| Variedades del Roble. Palo Aguamesí | 0 832 | 13 224 | 65 455 | 20 502 | 0 819 | 3,153 |
| Variedades del Roble. Palo Roble | 0 947 | 10 793 | 68 887 | 19 789 | 0 531 | 2,846 |

* Estas tres maderas fueron ensayadas por el autor de este escrito siendo alumno de la Escuela Práctica de Minas, situada entónces en Guanajuato.

Las densidades fueron tomadas con las precauciones debidas para no sumergir los ejemplares de madera en el agua, sin abrigarlos con barniz de densidad conocida. El agua higroscópica se separó por medio de la desecacion en estufa á una temperatura de 125 á 130 grados centígrados. Para obtener los demas guarismos, se siguió con exactitud el procedimiento de ensayo para los combustibles de Mr. Berthier.

El poder calorífico marcado, es bajo, supuesto que aun está basado en el de 7,815 caloríos, correspondientes al carbon puro fijado por Mr. Despretz. Ademas, "las experiencias prácticas han probado que el método de Mr. Berthier produce resultados afectados de un error constante de un noveno próximamente abajo de la verdad." [1]

La inspeccion de estos guarismos deja conocer hasta qué punto llega á desecarse la madera espontáneamente, á una altura absoluta de 2,000 metros próximamente, sobre la Mesa Central mexicana, en la que durante una época del año la sequedad de la atmósfera es notable, especialmente en las regiones del Norte. En las llanuras fronterizas de Coahuila, Nuevo Leon y Tamaulipas, de corta elevacion absoluta, de elevada temperatura en la primavera y el estío, y de gran resequedad atmosférica en parte de este período, las maderas se secan aún más, expuestas al aire y á la sombra. Miéntras que en Europa las maderas del tronco á los dos años de cortados conservan aún del 17 al 19 por ciento de agua, y las de los brazos del 17 al 21, las nuestras en un tiempo menor [que no está determinado pero que probablemente es mucho menor particularmente en los meses de Febrero á Mayo] únicamente la retienen del 7 al 12 por ciento.

En un país como el nuestro, en el que casi todo el combustible que se consume en la industria procede de nuestros escasos bosques, y que por consiguiente en un gran número de localidades lejanas de las arboledas, las leñas son caras; convendria efectuar estudios científicos sobre nuestras maderas usadas como combus-

1 *A Handbook of Chemical Technology by Rudolf Wagner, translated and edited from the Eighth German Edition by William Crookes.* New-York. 1875, pág. 700. Los 3,200 caloríos asignados en promedio para las leñas de Fresnillo, corregidos por ambas causas de error, producen 3,675 caloríos, bajo la base de que el carbon puro tenga un poder calorífico de 8,080.

tibles, á fin de guiar á los industriales y á los propietarios de fincas rústicas, sobre la calidad y circunstancias que deben de tener para su mejor aplicacion económica, y para la explotacion de los bosques.

No conociendo otro conjunto de datos semejantes referentes á leñas de la Mesa Central mexicana, con los trascritos efectuaré la comparacion propuesta.

Tomando como una cantidad baja para el poder calorífico de la hulla de 2ª calidad, que es quizá la más generalmente usada en Europa para las máquinas, 5,932 caloríos; resulta que para producir el efecto de una parte de esta hulla, seria preciso emplear $1\frac{85}{100}$ de nuestra leña, bien sea seca ó anticipadamente acopiada. Esta consecuencia la encuentro confirmada con las experiencias prácticas comparativas ejecutadas durante algunos dias con esmero en la Negociacion minera del Bote en Zacatecas, por el ingeniero encargado de la maquinaria de desagüe, Mr. Ernesto J. Ayton, usando leña de mezquite y roble acopiada con algunos meses de anticipacion, y hulla americana de regular calidad importada por el Ferrocarril Central, y en otro tiempo empleada para atizar las locomotoras de esa vía. De acuerdo con una de estas comparaciones, resulta que una parte de este carbon mineral equivale á $1\frac{86}{100}$ de leña, y segun otra experiencia, $1\frac{82}{100}$. La concordancia de estos resultados parece afianzar su exactitud, y á la vez se aproxima mucho del derivado por la simple estimacion numérica.

No siempre se puede usar la leña de primera calidad en grande escala en muchos de nuestros distritos mineros que no son abundantes de combustible, y por tanto es más prudente estimar que un kilógramo de hulla de 2ª calidad, corresponde á 2 de nuestra leña bien sea seca [procedente de los árboles muertos en pié ó derribados por los vientos de tiempo atrás] ó bien acopiada con meses de anticipacion. En pocos casos acontecerá que para este equivalente se necesiten $2\frac{1}{4}$ kilógramos, y en rarísimos llegará á $2\frac{1}{2}$, usando las precauciones debidas para abastecerse de leña anticipadamente.

El resultado práctico que he deducido para tomar como equivalente general de un kilógramo de hulla dos kilógramos de leña desecada espontáneamente, se acerca mucho al adoptado en Eu-

ropa por respetables autoridades, como Mr. Morin en Francia [1] y Molesworth en Inglaterra. [2]

Adoptando, pues, para un consumo práctico prudente de hulla, 2 kilógramos por hora y por caballo de vapor de efecto útil en las máquinas de desagüe del sistema Cornwall, debieran éstas en nuestro país consumir 4 kilógramos de leña para producir el mismo efecto útil, y seria un resultado bastante bueno lograr que este consumo fuera únicamente de $3\frac{1}{2}$ kilógramos.

Estableciendo bajo estas bases comparaciones con los consumos de leña citados anteriormente, se encuentra que el nuevo malacate de vapor de Rayas, que hasta ahora es el más económico establecido en Guanajuato, gasta un excedente sobre el consumo asignado, de $3\frac{1}{10}$ kilógramos por hora y por caballo dinámico de efecto útil, y que la máquina de San Juan en Pachuca, que es de las más económicas del sistema Cornwall establecidas en el país, consume $1\frac{9}{10}$ kilógramos de exceso. Estos aumentos en el consumo corresponden en el primer caso, á 27,156 y en el segundo á 16,664 kilógramos, en el curso de un año, ó bien en valor, á razon de 10 centavos de peso por arroba, están representados por 236 y 144 pesos por caballo de vapor de efecto útil.

La Compañía del Real del Monte y Pachuca, dueña de una de las más vastas negociaciones mineras del país, ha ejecutado recientemente comparaciones prácticas muy importantes sobre diversos combustibles, puestos á prueba en las calderas de la máquina de desagüe de Dolores en el Real del Monte. El resúmen numérico de estas experiencias es el siguiente, segun se ha servido comunicármelo mi muy inteligente amigo Don Manuel M. Contreras, Ingeniero consultor de esa Compañía.

1 *Aide-Mémoire de Mécanique pratique.—Cinquième edition*, Paris, 1864, pág. 229.

2 *Pocket-book of useful formulæ and memoranda. Seventeenth édition.*—London 1875, pág. 242.

### Consumo de diversos combustibles en la máquina de Dolores.

| Combustibles usados. | Consumo por hora y por caballo dinámico de efecto útiil. Kilógramos. | Precio del combustible por tonelada métrica en el sitio de consumo. | Importe del combustible por semana y por caballo de efecto útil. |
|---|---|---|---|
| Leña muy seca de pino | k 7.656 | $ 9 64 | $ 12 40 |
| Hulla inglesa de 1ª calidad, Agosto, 1887. | 2.600 | 30 00 | 11 59 |
| Id. id. ,, Julio de 1889. | 2.300 | 30 00 | 13 09 |
| Hulla americana | 2.968 | 25 00 | 12 46 |
| Hulla mexicana del Estado de Coahuila. | 3.336 | 22 00 | 12 31 |

Suponiendo, para efectuar una simple estimacion, que las condiciones de marcha de esta maquinaria hayan sido prácticamente semejantes durante el curso de estas experiencias, se obtiene para el poder calorífico comparativo de estos combustibles, las siguientes cifras:

### Comparacion de los combustibles usados en la máquina de Dolores del Real del Monte.

| Combustibles. | Tomado como unidad de consumo el pino. | Tomado como unidad de consumo la hulla inglesa de 1889. | Poder calorífico comparativo. |
|---|---|---|---|
| Leña muy seca de pino, poco resinosa | 1,00 | 3,33 | 2475 |
| Hulla inglesa de 1ª calidad, en Agosto de 1887. | 0,33 | 1,13 | 7289 |
| Id. id. ,, Julio de 1889 | 0,30 | 1,00 | 8240 |
| Hulla americana | 0,39 | 1,29 | 6385 |
| Hulla mexicana del Estado de Coahuila | 0,44 | 1,45 | 5681 |

Para calcular la última columna, he supuesto la hulla inglesa de 1ª calidad de 1889, como la clase suprema *Welsh Coal*, cuyo poder calorífico, en promedio, se estima en 8,241 caloríos [1] ó sea en una cantidad superior al del carbon puro fijado en 8,080, en razon del hidrógeno que entra en la composicion del Welsh. El bajo poder calorífico que por el cálculo comparativo se obtiene para la leña de pino muy seca, deja entrever, que ó la experiencia ejecutada en el Real del Monte no guardó las mismas condiciones de marcha, y por consiguiente de potencia desarrollada por la máquina, ó bien esta leña seca, ligera y escasamente resinosa, ardió con un registro de chimenea demasiado abierto ó bien sobre un hogar no muy adecuado. Un servicio de verdadera impor-

1 *A Dictionary of Chemistry and the Allied Branches of other Sciences by Henry Watts.* London, 1886. Vol. II. *Fuel*, pág. 723.

tancia para nuestra industria, seria aclarar el hecho de si el consumo de leña de pino seca es posible reducirlo en las calderas, aprovechando mejor su poder calorífico.

Considero bastante exacto el cuadro anterior, por lo relativo á los combustibles minerales, y por consiguiente como muy interesante en una época en que se inicia el uso en escala de las hullas mexicanas y extranjeras en nuestras industrias generatrices y manufactureras. Respecto de la hulla coahuilense, puede estimarse en mi concepto, en términos generales, que su poder calorífico es igual á $1\frac{3}{4}$ veces el de las leñas bien oreadas de la Mesa Central mexicana.

Desde que en Guanajuato se inició el importante desagüe de la mina de Valenciana en 1873, por medio de malacates de vapor y de grandes toneles suspendidos en cables de alambre, y cada tonel guiado en todo su curso por dos cables fijos; se aprovechó el conjunto del sistema para adaptarlo á los malacates movidos por caballos, y esto con buen éxito, así por la notable economía de jornales originada por el derrame espontáneo de los toneles, cuanto por las ventajas que resultan de usar los cables de alambre de acero de buena clase, cuya larga duracion en el trabajo compensa ampliamente su mayor costo comparado con los de lechuguilla, y cuyo peso aún despues de bien mojados es menor, y en fin por el notable aumento en la extraccion del agua con los malacates así arreglados.

Efectivamente, los cables nuevos de lechuguilla fabricados en las minas guanajuatenses, pesan más ó ménos 1,850 kilógramos por metro, teniendo un diámetro de 60 milímetros, y despues del alargamiento y deterioro consiguiente al uso, pesan secos 1,250 kilógramos, y mojados 1,570 kilógramos ó sea una cuarta parte más; miéntras que los cables de alambre de acero de 2 pulgadas inglesas de circunferencia, ó sean casi $\frac{5}{8}$ de diámetro, pesan por metro 870 gramos, soportando en el trabajo un peso mayor, y aumentando despues de mojados poco en el peso. Los cables de lechuguilla se van, pues, abandonando para el servicio activo del desagüe, en el cual se deterioran rápidamente, y en su lugar se ocupan, bien sea los de acero desechados de los malacates de vapor, ó bien nuevos de $2\frac{1}{4}$ pulgadas inglesas de circunferencia [ó sea casi de $\frac{3}{4}$ de diámetro], cuyo peso por metro es de 1,110 kiló-

gramos. Exige esta reforma entre otras cosas, blindar el tambor de los malacates de madera, bien sea con varas ó bien con láminas de hierro.

En los pequeños malacates de vapor de Valenciana, los cables de alambre [de acero, *Improved Steel*, de R. S. Newall y Compañía de Lóndres, 130 Strand] funcionando guiados á plomo en el tiro general, han durado intactos en trabajo constante dia y noche dos años, y con algunas reparaciones otro año más, ó sean tres años en total, debido al poco peso relativo elevado por viaje. Se les ha retirado despues de este servicio por precaucion para ocuparlos en los malacates comunes, trabajando con poco peso.

El gran malacate de vapor establecido en Rayas, trabaja con cables planos de 4 pulgadas inglesas de anchura por media de espesor, fabricados con alambre de acero, dispuesto en hilos ó haces de 7 hilos elementales torcidos por pares en direcciones opuestas, y se encuentran tramados con alambre de hierro dulce, simplemente para dar sólida union á los diversos cables elementales que forman el grande de seccion plana. Proceden éstos de la Fábrica "John A. Boebling's Sons Company" de Nueva York y segun el inteligente dictámen del Ingeniero Don Francisco Reynoso [1] son de muy buena calidad.

Se enrrollan estos cables sobre bobinas capaces de ser solidarias en su movimiento para ejecutar el servicio ordinario, ó de aislarse, á fin de retirar los cables con rapidez ó de arreglarlos para variar sus longitudes relativas, bien sea con motivo del descenso de las aguas, ó bien para trabajar en la extraccion. Operaciones son estas llamadas en el tecnicismo práctico, *correr sogas, alargar sogas ó recoger sogas.* Las disposiciones de este mecanismo son muy ventajosas para la economía de tiempo y de trabajo.

Respecto de los toneles ó vasijas empleadas para la ascension del agua, el Sr. Don Miguel Rul ha bosquejado su historia, [2] dán-

1 *Boletín de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros.*—Guanajuato 1889, tomo I, pág. 138.—Interesante trabajo científico titulado.—"Trabajo útil y resistencia de los cables de extraccion.—Accidentes por rotura de los cables metálicos planos usados en el desagüe de las minas de la "Concordia." Los datos que acabo de expresar los he tomado de este artículo.

2 En el *Bolelín de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros.*—Guanajuato 1888, tomo I. pág. 66.

donos á conocer que los cuatro malacates comprados en Inglaterra para el desagüe de Valenciana, por el Ingeniero Don Alberto Malo, comisionado al efecto, vinieron destinados para trabajar con botas de cuero, conforme con el uso antiguo; pero en vista de los inconvenientes que surgieron para regularizar el desagüe de esta manera, y de su lentitud consiguiente, el Ingeniero Don Francisco Glennie, director de las negociaciones mineras del mismo Señor Rul, se fijó en ensayar otros vehículos más adecuados, susceptibles de tomar el agua con rapidez por medio de una válvula en el fondo, capaces de ascender con la velocidad necesaria sin derramar el líquido, por medio de cables-guías entre los cuales camina sin oscilaciones, y en fin, adaptados para vaciar automáticamente su contenido, con la elevacion de una válvula lateral situada junto al fondo, por intermedio de una palanca con sus respectivas trasmiciones de movimiento. El Señor Rul ha dado pues, á estas vasijas, con justo motivo el nombre de "toneles Glennie," que de Guanajuato han pasado á prestar sus servicios en otros distritos de minas de importancia, entre los cuales se encuentra Zacatecas.

La instalacion de los cables guías, al parecer muy sencilla, fué tambien motivo de serias dificultades y no pocos ensayos bromosos, difíciles y peligrosos, por tratarse de operaciones cuya ejecucion forzosamente tenia que realizarse en los tiros y tocando el agua, arreglando la colocacion de piezas bajo su nivel.

Esto que al principio fué tan laborioso, despues ha venido á ser con la práctica muy sencillo, pues los cables-guías correspondientes á cada tonel, están asegurados en el exterior á un torno especial, en el que ambos á la vez se enrrollan ó desenrollan, segun la maniobra lo exige, á fin de subirlos ó bajarlos. Toman la vertical, pasando por unas poleas destinadas á este efecto, y para sostener las guías equidistantes en el tiro en todo su trayecto, en la parte inferior llevan un madero llamado *tendal*, que debe quedar poco más ó ménos horizontal, con dos taladros convenientemente arreglados para dar paso á los cables, cada uno de los cuales, en su extremidad inferior, recibe un peso de 30 ó 40 arrobas-procurando que en ambos sea próximamente igual, así como su inmersion en el líquido, con lo que se conseguirá que las tensiones y las longitudes sean las mismas, y por consiguiente habrá isocronismo en las vibraciones, y se evitarán los fuertes sacudi,

mientos y aun torciones del sistema formado por dos guías con el tonel en suspension.

La lámina adjunta número 1, representa el brocal del Tiro General de Valenciana, con su respectiva *horca ó castillo* para dar acceso á los cuatro malacates de vapor inaugurados en 1873. Por el lado donde aparece la chimenea, se miran muy bien dos poleas de hierro destinadas para los cables de extraccion de uno de los malacates de vapor, y arriba se encuentran otras cuatro poleas que son de madera, para el paso de otros tantos cables-guías. Un poco arriba del brocal, se observa el peso-tope [proyectado de color oscuro sobre el tejado] con los tirantes que lo sostienen, ligeramente diagonales, y que sirve para obrar sobre la palanca que levanta la válvula-compuerta de descarga de los toneles.

La lámina número 2, representa los mismos detalles relativos á los dos malacates de vapor instalados en el Tiro de la Asuncion de la Navarra, para el desagüe de las minas de la negociacion de la Luz.

La descarga espontánea de estos toneles, reduce el número de operarios ocupados en el desagüe en un tiro, al estrictamente necesario para la vigilancia, bien sea que se trate de uno ó de varios malacates de vapor ó de caballos.

La extremidad de los cables se afianza á los toneles por medio de un gancho de seguridad ideado por el inteligente Ingeniero Glennie, que es á la vez un paracaida sólido. Un poco abajo de las poleas y correspondiendo con la vertical de los cables de extraccion, se encuentran colocados unos sólidos puentes horizontales de madera, provistos de una pequeña abertura circular en el sitio correspondiente al paso de cada cable, y en el evento en que el tonel suba hasta allí, entra el gancho de afiance por esta abertura, arrollándose contra ella un alambre de cobre ó de laton, con lo cual la parte superior del gancho se abre, dejando libre el extremo del cable, que entónces puede pasar sin obstáculo por la polea. El tonel abandonado queda retenido por el mismo gancho abierto, que por medio de unas muescas de que está provista su parte superior, queda sólidamente suspendido de la abertura. Así, pues, un descuido ó una equivocacion por parte del maquinista, á fin de suspender oportunamente el movimiento de los cables, no tiene tan graves consecuencias.

No hay duda de que los malacates de vapor han venido á dar vida á las más importantes y célebres explotaciones situadas sobre la Veta Madre de Guanajuato, que por largos años, desde que fueron abandonadas por las Compañías inglesas, permanecieron inundadas en sus laboríos inferiores, por la falta de los arbitrios competentes y suficientemente económicos para realizar los desagües con la estabilidad indispensable para la regularidad de los trabajos; pero es necesario no confundir el buen resultado local de este método de desagüe, con su bondad absoluta bajo variadas circunstancias.

Efectivamente, no tan sólo entre propietarios mineros entendidos de fuera de Guanajuato, sino aun entre Ingenieros de minas he oido sostener la tésis, de que uno de los mejores arbitrios para desaguar, consiste en el empleo de los malacates de vapor, los cuales entre otras tienen la ventaja de poderse aplicar tambien á la extraccion de frutos y de escombros. Desde luego, si el aparato de desagüe puede impunemente distraerse de su objeto, es porque la cantidad de agua que brota, ó es muy pequeña, ó la máquina tiene un excedente de potencia en términos de que una vez vencida el agua, se puede dedicar á la extraccion. En uno ú otro evento no hay duda de que se trata de afluencias limitadas, que en el primer caso, por pequeñas, su costo de elevacion es corto, y no valen la pena de pensar en un aparato especial: y si lo segundo acontece, es porque la afluencia, siempre moderada, permite su acopio en la caja de desagüe, generalmente de capacidad bien limitada, miéntras la máquina se dedica á otro trabajo. Desde el momento en que el agua brota en tal cantidad que no hay manera de rezagarla sino por tiempo muy limitado de horas y aun de minutos, entónces el aparato que la eleva, ni puede distraerse de su objeto, ni tampoco tener otras paralizaciones que las indispensables para las sustituciones de piezas averiadas, reparaciones, aseo, etc. Pretender que bajo estas condiciones los malacates de vapor sean los más adecuados y económicos, es por lo general sostener un error. Hace años Mr. Burat ha dicho con justa razon, tratando de este asunto, y refiriéndose á las afluencias que exigen el empleo continuado del aparato para elevar el agua, lo siguiente: [1] "Hasta el presente la práctica siempre se ha pronunciado en

1 *Cours d' exploitation de mines par Amédée Burat*, Paris 1871, pág. 365.

favor de las bombas. Esta preferencia es evidentemente motivada, supuesto que el desagüe siempre se ha comenzado á efectuar con cables, y en general no se ha ocurrido al uso de las bombas sino cuando ha sido imposible atender á las afluencias de agua por el primer medio. Los motivos de esta preferencia son evidentes. Con los cables cada maniobra exige la atencion y la precision del mecánico: los accidentes por ruptura de cables y por los ascensos de las vasijas hasta las poleas son tanto más de temer, cuanto que las maniobras son más continuas y más multiplicadas. El deterioro de los cables, más rápido que para la extraccion del carbon, grava el servicio de un sostenimiento, tanto más oneroso, cuanto que el aparato de extraccion, por las condiciones mismas de la irregularidad de los momentos de resistencia y de las del empleo del vapor, es una máquina de muy costoso sostenimiento. Las ventajas que se buscan en los aparatos de desagüe son la marcha continua, regular y económica."

El Ingeniero Don Francisco Glennie, por cuya iniciativa se introdujeron los malacates de vapor en Guanajuato, algunos años ántes de fijarse en este arbitrio, comenzó el socavon necesario para derivar la corriente del Arroyo de Esperanza, con la mira de establecer en el Tiro General de Valenciana, una máquina de *columna de agua* análoga á la célebre de Huelgoat en Francia. Algunas interesantes observaciones relativas al asunto fueron publicadas entónces;[1] observaciones comentadas de una manera importante por el Ingeniero Don Manuel M. Contreras, refiriéndose á máquinas de esta especie de Real del Monte y de Atotonilco el Chico.

"Concebida la atrevida idea, dice Don Miguel Rul en un opúsculo,[2] de desaguar con agua por el Director de mi casa ya citada, yo mismo emprendí su realizacion para ponerla en planta en la mina de Valenciana: se comenzó un túnel de 310 metros de longitud, á fin de conducir el agua del Arroyo de Esperanza, y teniamos avanzados en su perforacion 138 metros, cuando se mandó suspender la obra judicialmente por preferencia que alegaron tener al uso del agua otras personas, reclamando fuertes indemnizaciones. Es posible que me ciegue el interes, pero no me pare-

1 *Anales de la Sociedad Humboldt.*—Tomo I.—México 1872, pág. 238.
2 Titulado "*Asuntos Mineros*".—México 1881, pág. 64.

ce bien fundada esa oposicion que logró, sin embargo, entorpecer un trabajo de gran porvenir minero y de utilidad pública notoria, porque el paso constante de esas aguas por la ciudad, despues de servir en mis negociaciones, habria sido de una importancia higiénica incalculable, allí donde sólo en la temporada de lluvias se limpian naturalmente las cañadas que reciben las letrinas y desechos de una poblacion de setenta mil habitantes. Se calculó que podria desarrollar una potencia equivalente á cien caballos de vapor, suficientes para vaciar la mina, y despues para admitir que derramasen en ella sus aguas profundas otras minas vecinas pagando este servicio."

Más adelante continúa así: "Las aguas del Arroyo de Esperanza quedan al salir del túnel derivativo comenzado, á 150 metros de altura poco más ó ménos respecto de la plaza de la ciudad de Guanajuato; [1] y es escusado decir que aun en caso de un desastre completo en las minas á que se dedican, como motor conservarian siempre un valor muy superior al costo de esa obra comenzada, y que más tarde tiene que realizarse.

La preferencia que en Guanajuato han recibido los malacates de vapor, ha sido de circunstancias y tiene por tanto su explicacion. Efectivamente, al formalizarse el proyecto de desagüe para la mina de Valenciana [que fué la primera empresa de esta naturaleza acometida después de haber fracasado el intento de establecer en ella la máquina de columna de agua], formándose al efecto la Compañía coaviadora de cuya organizacion dí una ligera idea en el capítulo anterior, fué preciso fijarse en arbitrios económicos al alcance del capital que deberia emplearse y adaptables

1 Segun las medidas practicadas en 1887 por los Ingenieros Don Ignacio G. Rocha y Don Ponciano Aguilar, la desembocadura del túnel por el lado de Valenciana, se encuentra á 224 metros sobre el Atrio parroquial de Guanajuato. Estas medidas se ejecutaron para formar el importante proyecto de surtir abundantemente de agua potable la ciudad de Guanajuato. Cedidos al Gobierno del Estado los derechos de los litigantes sobre el túnel comenzado, y sobre las aguas del Arroyo de Esperanza, se procedió por cuenta del Estado á concluir el túnel, para dar paso á las aguas colectadas por medio de una presa hábilmente trazada en la Cañada de Esperanza, que deberá elevarse á 20 metros de altura por lo ménos, y con cuyo dique se logrará una capacidad de 484,000 metros cúbicos. La Presa de la Olla que actualmente la surte únicamente tiene de capacidad 100,000 metros cúbicos. El presagio del Señor Rul relativo á la conclusión de la obra quedó ya realizado, y la presa se ha concluido con una altura de dique de 30 metros.

á la fuerte sección del Tiro General [8¾ metros el diámetro mayor del octágono que forma el brocal], del que indispensablemente se haria uso por ser el más avanzado á la profundidad. Instatalar en tan amplio tiro un tren de bombas con sus descansos, tabladillos y contrabalanzones, habria sido una empresa costosa, difícil y lenta, quizá fuera del alcance y de la paciencia de la Compañía formada. Proponer para el proyectado desagüe la apertura de un nuevo tiro de reducida seccion adaptable para el caso, de más de 500 metros de profundidad, á fin de colocar convenientemente el bomberío, habria sido tanto como situarse en condiciones de hacer casi imposible el alistamiento de socios para una empresa que tan dilatada así se presentara. Prudente era, pues, excogitar algun arbitrio más expedito, rápido y de menor costo en su instalacion, aun cuando el importe de sostenimiento en el trabajo tuviera mayor monto, con el fin de que la empresa en la práctica fuera realizable en no largo tiempo. Fundado en tan importantes consideraciones, el Sr. Don Francisco Glennie, que como lo he asentado, á la vez que inteligente y hábil ingeniero, es un hombre de negocios muy experto, se decidió á dar la preferencia al sistema de malacates de vapor.

"Dominado el desagüe de Valenciana, dice el Sr. Don Miguel Rul, en su interesante artículo sobre "los toneles Glennie" [1] se dedicó á la mina de Cata uno de los cuatro malacates; y más tarde se pensó en nuevos malacates de mayor y más económica potencia para Valenciana y para Cata. Se instalaron dos malacates ó máquinas gemelas, bajo la gerencia del Señor Glennie, y la inmediata direccion del Ingeniero Don Francisco Reynoso, en Valenciana; la del Ingeniero administrador Don Luis Campa en Cata; y se duplicó por este motivo la capacidad de sus toneles, con cabida de 200 arrobas, el doble de los primitivos."

Poco despues de inaugurada la época de los desagües sobre los importantes laboríos de la Veta Madre, el inteligente Ingeniero Don Ignacio G. Rocha, radicó en las célebres minas de la Negociacion de la Luz, en 1874, un desagüe semejante fundado en las mismas razones expuestas, por medio de dos malacates de vapor que funcionaban en el más profundo de los tiros, el de la Asun-

1 *Boletín de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros*, Guanajuato 1888.—Tomo I. pág. 72.

cion de la Navarra, cuya seccion circular es de 7 á 8 metros de diámetro.

Más tarde, la organizacion de la Compañía "Concordia" para el trabajo de las minas de Mellado y Rayas, reunidas en un solo negocio para poder emprender su desagüe necesariamente mancomunado, bajo condiciones análogas á la de la Compañía Coaviadora de Valenciana, hizo indispensable, por las mismas consideraciones, la eleccion de un gran malacate, lo más perfecto y económico posible, para que funcionara en el gran Tiro General de Rayas, de mayor seccion aún que el de Valenciana.

De lo expuesto se deduce, que en último resultado la gran seccion de los principales tiros guanajuatenses abiertos de antemano, vino á decidir hace diez y siete años la adopcion del sistema de malacates de vapor para el establecimiento del desagüe en las minas de mayor importancia. A la vista de este resultado se puede apreciar cuanta diferencia existe entre los arbitrios usados para el desagüe y la extraccion en fines del siglo pasado y principios del presente, con respecto de los puestos en práctica en la actualidad. En efecto, los antiguos no ocuparon otros motores para el objeto que los caballos atados á los malacates comunes. En minas de fuerte movimiento de frutos y de escombros, la extraccion por los tiros unido al desagüe exigian la multiplicacion de malacates, para cuyo movimiento, segun la práctica usada en aquella época, eran indispensables tiros amplios, abiertos en términos de que cada uno dispusiera para sus dos cables de un lado de polígono inscrito en la seccion circular del tiro, de al ménos 4 varas ($3\frac{35}{100}$ metros) para evitar los enredos consiguientes á las oscilaciones de tan largas cuerdas.

El Señor Humboldt desde principios del siglo se expresaba respecto de este punto de la manera siguiente:[1] "La enorme cantidad de minerales que se saca de las minas, y la necesidad de hacer entrar en ellas los cables atados á seis ú ocho malacates, obligan á dar á los tiros de México mayores dimensiones que á los de Alemania; pero el ensayo que se ha hecho en Bolaños, de separar por medio de un armazon de madera los cables de los malacates, ha probado suficientemente que se puede disminuir la anchura

1 *Ensago Político sobre Nueva España*, traduccion castellana, Paris 1827, tomo III. pág. 129.

del tiro sin temor de que las cuerdas se enreden á causa de su movimiento oscilatorio. Por punto general seria muy útil el servirse para la extraccion de los minerales, de toneles ó cajas paralelipípedas rectangulares, en vez de cubos de cuero ensartados en los cables del tambor. Podrian subir y bajar en un mismo tiro muchos pares de estos toneles haciéndolos correr con rodajas por maderos viguetas con una muesca."

Se comprende pues, en vista de esto, que los Tiros Generales de Valenciana y Rayas proyectados para grandes profundidades y adaptables para el movimiento de ocho malacates, se abrieran con secciones muy fuertes, en términos de que en la actualidad, que los malacates de vapor han reducido á uno solo el servicio de muchos de los movidos por caballos, esas secciones aparezcan como verdaderamente enormes.

De cualquier modo que sea, abiertos de antemano estos grandes tiros por los atrevidos mineros de fines del siglo pasado y principios del presente, como obras indispensables para atender á las necesidades de los laboríos más profundos, y habiendo tocado á su término en Valenciana y Rayas en épocas de grandes vicisitudes en los negocios; si tan gigantescas obras llegaron á su fin con no pocos dispendios y fuertes quebrantos por parte de los mineros, el objeto que con ellas se propusieron sus autores, no se habia realizado y ni era dable esto, supuesto que los malacates de caballos, por su multiplicidad indispensable y por lo dificultoso de su servicio á largas profundidades, habian llegado, pudiera decirse, al límite práctico en el que su aplicacion es posible de una manera expedita y económica.

El Ingeniero Glennie, tantas veces citado, al ocuparse de las máquinas de Columna de Agua, escribió lo siguiente en 1871, teniendo á la vista las dificultades económicas para radicar el desagüe en las minas de la Veta Madre en Guanajuato, y cuando á la sazon estudiaba los arbitrios que seria preciso poner en planta para acometer esa operacion con éxito bueno, sin ninguna duda.[1] "El método que se ha usado hasta hoy en nuestro Mineral, de hacer la extraccion del agua por medio de las máquinas llamadas *malacates*, movidos por caballos, es tan costoso, que sólo puede practicarse en las minas de una gran riqueza: en las pobres y aun en

1 *Anales de la Sociedad Humboldt.*—Tomo I. México, 1872, pág. 238.

las medianas, absorbe el valor de los metales que pueden extraerse, y las hace incosteables: las ricas se mantienen, aunque con menoscabo de la fortuna de sus propietarios; pero las pobres ó las medianas, se pierden para los propietarios y para el público: las ricas conservan su especulacion, si bien debilitada, porque el gran gasto que se consagra al desagüe, deja de emplearse en obras investigadoras que le darian mayor ensanche y multiplicarian sus productos; mas las pobres no pueden mantener especulacion ninguna, son vencidas por ese enemigo poderoso, y están condenadas á perecer, aun en los principios de su vida."

Sin embargo de lo expuesto en las páginas anteriores con datos económicos exactos, y por tanto incontrovertibles, supuesto que se trata de un asunto muy interesante, daré á conocer con caracteres numéricos de cuantía la notable diferencia que existe en los costos, entre emprender el desagüe de las minas con malacates movidos por caballos, ó bien realizarlo por medio de la potencia del vapor. Con esta mira presentaré un ejemplo á multitud de mineros mexicanos y españoles, que manifiestan una instintiva repugnancia hácia las máquinas de vapor, y prefieren por tanto, para la elevacion á veces de no muy corto caudal de agua, valerse del antiguo sistema de malacates de caballos más ó ménos perfeccionados.

En un interesante opúsculo célebre en la historia de las minas mexicanas, el muy inteligente Señor Buchan, director que fué de la vasta Negociacion minera del Real del Monte y Pachuca, y organizador de la actual Compañía mexicana, sucesora de la inglesa, formada poco despues de nuestra emancipacion política y disuelta en Octubre de 1848, reportando una pérdida de casi cinco millones de pesos, se expresa del modo siguiente: [1] "La Compañía inglesa al principio de su empresa, habia conseguido fácilmente con dos pequeñas máquinas de vapor y un costo anual de 30,000 pesos, lo que el Conde de Regla se habia visto obligado á

1 *The Real del Monte Mining Company, Mexico.—Reporter of the Director John H. Buchan, Esq Mazch* 1855. Puede consultrase tambien la importante *Memoria sobre la explotacion de minas en los distritos de Pachuca y Real del Monte de México por el Doctor Juan Burkart, traducida del aleman por Don Miguel Velázquez de Leon*, en la cual están incluidos casi todos los informes de Buchan, en los *Anales de la Minería Mexicana*, México 1861, pág. 52.

abandonar en 1801, con 28 malacates y un costo anual de 250,000 pesos. Despues, cuando se llegó á mayor profundidad, y teniendo que elevar un volúmen de agua mucho mayor, apénas bastaban [en Real del Monte] para mantener el desagüe tres poderosas máquinas de vapor de bombas, y un gasto de 90,000 pesos al año, y hubieran sido necesarios para el mismo efecto por lo ménos 180 malacates con 7,000 caballos, y más de 2,000 hombres, y un gasto anual de dos millones de pesos. Así es que, no sólo por el costo, sino que tambien por el número de gente y de tiros necesarios para el trabajo de tantos malacates, hubiera sido absolutamente impracticable llevar las minas hasta su actual profundidad, haciendo el desagüe con caballos."

Conviene tener muy presente, que si los malacates de vapor prestan su eficaz auxilio para el desagüe de minas inundadas, despues, trascurrido el tiempo, y cuando la explotacion ha entrado en todo su desarrollo, en los momentos en que el minero pretende tomar la iniciativa en sus labores hácia la profundidad, es cuando tropieza con serias dificultades para realizar el ahonde de la caja general de desagüe, á la cual concurren uno ó varios malacates de vapor, y entónces es cuando la deficiencia de esos aparatos se pone de manifiesto.

Increible parece que en un período de más de medio siglo trascurrido desde la Independencia hasta que las principales minas de la Veta Madre se comenzaron á desaguar, no se hubieran emprendido algunas obras nuevas importantes, á fin de preparar ó facilitar este desagüe, á no ser el Socavon para la mina de Sirena; pero es de advertir que en el intervalo decadente no pequeño que se abrió con la retirada de las Compañías inglesas, la industria minera guanajuatense radicada en tan célebres regiones, pudiera decirse que únicamente vivia del pasado, extrayendo *atierres* ó *retaques* antiguos de épocas más felices. En gran parte de este mismo período se invirtieron cuantiosas sumas con febril actividad sobre las vetas de la Luz, hácia donde las miradas se dirigieron con preferencia, atraidas por el esplendor de una bonanza en una region ántes sin prestigio y casi sin historia; así es que, no eran entónces los tiempos más oportunos para atraer la atencion de los capitalistas hácia las empresas sobre la Veta Madre. En consecuencia, inundados los principales laboríos, los monu-

mentales tiros de Valenciana y de Rayas, con sus soberbias construcciones, inspiraban tristeza por el silencio y soledad que en ellos reinaban en virtud de no estar en movimiento.

Los fracasos de las compañías aviadoras constituidas para el desagüe de estas minas, eran, pudiera decirse, otros tantos escarmientos para los negociantes pusilánimes ó poco expertos, y por tanto, esas importantes empresas se iban aplazando de año en año, sin que hubiera quien con resolucion tomara la iniciativa. Empobrecidas las regiones de la Luz y vuelta la vista de los negociantes hácia la Veta Madre, en Valenciana fué donde se estableció primeramente con buen éxito el desagüe, segun lo que ántes he narrado, aplicando al objeto los malacates de vapor.

En el curso de algunos años [de 1873 á 1888] los más importantes laboríos sobre la Veta Madre, desde Valenciana hasta Rayas, se han desaguado de una manera estable y económica en lo posible, y con esta iniciativa, ciertamente muy importante, el giro de todo el grupo de ricas minas está asegurado, pudiera decirse, por largos años. Los laboríos inferiores tomarán desarrollo, y unas minas con otras se comunicarán, hasta llegar el caso de que el desagüe de todas se pueda ejecutar de una manera mancomunada pero mucho más económica por un solo tiro y con una sola máquina.

El caso ha sido ya previsto por el Ingeniero Glennie, y aun ha señalado el tiro general de Cata como el más conveniente, por estar situado en una depresion del terreno, y por consiguiente tener la mínima profundidad para realizar la operacion con el menor costo. Sea que en efecto se elija ese tiro, ó bien que se acometa la apertura de otro nuevo situado más abajo en la Cañada [lo cual seria mejor], por cuenta de todo el grupo, para adaptarlo á tan interesante objeto, es indudable que llegado este evento, se le dará una estudiada preferencia á la máquina que mayor economía y estabilidad ofrezca para el trabajo. No es de dudar que entonces se elijan trenes de bombas movidos por máquina de vapor con la expansion y la condensacion llevadas al más alto grado posible.

De algunos años á esta parte se han aplicado en diversas minas de hulla francesas y belgas, las máquinas de vapor de doble efecto, de cilindro motriz horizontal, instalado de tal modo, que la varilla del piston motriz tiene un movimiento solidario con el

forzador ó con el émbolo de la bomba, por ser sobre ella misma en la que están montados ambos. Colocada una máquina de estas muy cerca de los planes de una mina, en términos de que la bomba pueda directamente absorber el agua de la caja ó depósito adonde concurre este líquido, la accion expelente lo impulsa de un golpe por una columna ascendente de tubos hasta el exterior, y desde una profundidad de 250 á 300 metros verticales.

Largos años hace que los norteamericanos aplican este sistema para los desagües de minas poco profundas, ó que producen el líquido elemento en corta cantidad. Los privilegios concedidos por el Gobierno de Washington para estos aparatos son numerosos, y además de usarse en las minas, se aplican con frecuencia para multitud de variados objetos industriales que exigen la elevacion de líquidos ó el surtimiento de aguas tomadas de pozos ó cisternas profundas.

No conviene recomendar para las minas mexicanas el uso de estas bombas americanas, sino bajo límites muy reducidos, supuesto que en ellas se trabaja sin aprovechar la expansion y sin tratar de condensar el vapor, es decir, bajo las condiciones más desfavorables para la economía de combustible. Además, es preciso tener en cuenta que terminado cada golpe de la bomba á pleno vapor, la columna ascendente de agua con cierta velocidad durante la carrera, bruscamente, al concluir ésta, queda entregada á su propio peso, y al caer obra sobre las válvulas produciendo la enérgica percusion de un ariete hidráulico. La columna de tubos de hierro entra por consiguiente en conmocion al terminar cada carrera, y las válvulas, los asientos y las cajas que las encierran, se deterioran con la rapidez consiguiente, cuando la columna percusora es elevada, poniendo entónces fuera de servicio en poco tiempo y de una manera radical la bomba misma. En comprobacion de este aserto podria citar hechos prácticos acontecidos á mi vista en el país con bombas de esta naturaleza de privilegio americano, bajo la accion de una columna de agua de 150 metros verticales.

El libre escape del vapor por entre los labrados de una mina, especialmente si las rocas están impregnadas de pirita ó bisulfuro de hierro (pirita que con el vapor caliente rápidamente entra en oxidacion y con esto se desagrega la masa general del panino, es-

pecialmente si es feldespático, produciendo entónces una especie de arcilificacion), como es el caso más frecuente, ó si en su composicion entra la arcilla capaz de reblandecerse y dejar de tener coherencia por su saturacion de agua, entónces los labrados, ántes hábiles para permanecer abiertos indefinidamente ó al ménos por largo tiempo, se presentan ruinosos en muy corto período, exigiendo no poco costo para su rehabilitacion.

Cuando se ocupan bombas de esta especie, de cortas dimensiones para el desagüe parcial de pozos ó laboríos aislados, debajo de un cañon, es muy sencillo ejecutar la condensacion completa, haciendo concurrir la desembocadura de la manguera de escape, con la del agua levantada, á una pequeña caja, con una sola salida, y excusar por tanto los inconvenientes citados.

Instalada en el tiro de Santa María, en Montceau-les-Mines, en Francia, la primera máquina interior de desagüe de doble efecto, semejante á las americanas, puesta en accion en Octubre de 1871, con objeto de expeler el agua directamente á través de una altura de 300 metros; fué preciso para su construccion estudiar todos los detalles consiguientes á esta nueva fabricacion, partiendo de la experiencia local adquirida con el ascenso del agua de un modo semejante, á elevaciones de 100 y 150 metros. Vencidas las principales dificultades, que consisten en el arreglo eficaz y duradero de las diversas junturas y de las válvulas, que deben trabajar bajo grandes presiones, en términos de que el aparato marche sin frecuentes y largas interrupciones, y adaptadas algunas precauciones no usadas entónces en Estados Unidos, tales como colar las aguas á través de parrillas, y depurarlas en estanques especiales, vino el sistema á producir un resultado tan bueno en cuanto al efecto de la bomba, que quizá fué superior á lo previsto.[1]

La máquina perteneciente á la Compañía de Firminy, construida despues en San Esteban en Francia, á fin de expeler el agua con un impulso, recorriendo una altura de 200 metros, ciertamente es muy antieconómica de combustible, supuesto que para producir un efecto útil de 74 caballos, necesarios para elevar 27¾ li-

1 Esta maquinaria se encuentra descrita en el *Cours d'Exploitation de Mines par Amédée Burat.*

tros por segundo, consume $8\frac{11}{100}$ kilógramos de hulla por hora y por caballo.[1]

Recientemente se ha montado una máquina de esta especie en las carboneras belgas de Bernissart.[2] El Ingeniero Mr. Ledent, antes de describir esta máquina, se expresa de la manera siguiente: "Existen en las Carboneras del Agrappe, en Frameries, una serie de máquinas de desagüe subterráneas establecidas por Mr. Fouquemberg, constructor en Wasmes, que impelen algunas el agua á unas elevaciones mayores de 300 metros, y se trata, parece, de instalar en las mismas Carboneras, una semejante á las precedentes para impeler el agua á una altura de 400 metros. Diferentes minas alemanas han establecido máquinas interiores con una marcha normal de 40 á 50 revoluciones por minuto, cuya velocidad aun se ha duplicado en ciertos casos excepcionales."

Más adelante continúa del modo siguiente: "En 1884 se instalaba en las minas de Marles una máquina de desagüe interior con volante, construida por M. E. Mailliet de Anzin. Alimentada por calderas situadas en la superficie, impele el agua de un impulso sobre un trayecto de 265 metros de altura, y produce 125 metros cúbicos de agua por hora, correspondientes á una velocidad de 38 revoluciones por minuto. M. Mailliet construye actualmente una segunda máquina de una potencia mayor para las minas de Marles: elevará de 6 á 7,000 metros cúbicos en 24 horas, con bombas de $0^m20$ de diámetro. En 1886 el mismo constructor instaló en el tiro núm. 4 de las Carboneras de Bernissart, una máquina subterránea análoga á la de Marles, á fin de impeler de un golpe, del nivel de 240 metros, 75 metros cúbicos de agua por hora, con una velocidad normal de 43 á 44 revoluciones por minuto. Esta máquina, cuyas bombas únicamente tienen de diámetro $0^m114$, podrian marchar sin inconveniente á 55 revoluciones por minuto, y producir así casi 100 metros cúbicos por hora. En fin, se va á ins-

1 Datos tomados de la obra ya citada: *Cours d'Exploitation de Mines par Amédée Burat.—Troisième edition.*—Paris.—1881.

2 *Notice sur la machine d'epuisement souterraine, installée au puits nº 4 des Charbonnages de Bernissart, par A. Ledent, Ingénieur de Corps de Mines à Mons.—Communiquée à la Section de Mons de l'Association des Ingenieurs sortie de l'Ecole de Mines de Liége le* 25 *Novembre* 1887.—En el periódico *Revue Universelle de Mines de Liége, Troisième série, tome II,* 188, *p.* 1.

talar en las Carboneras de La Louvière y La Paix, una máquina interior construida por la casa Beer, de Jemeppe, para impeler las aguas á una altura de 576 metros. Esta máquina tendrá una fuerza nominal de 80 caballos, y las bombas $0^m11$ de diámetro. Estos hechos manifiestan el favor creciente con el que se reciben las máquinas de desagüe subterráneas rotativas de gran velocidad. Deben fijar la atencion de los constructores y de los explotantes, pues como lo ha dicho uno de nuestros camaradas: "El porvenir de las bombas está en la marcha rápida."

La máquina de Bernissart eleva el agua de un impulso hasta la superficie, sobre 250 metros de altura, y en circunstancias normales, como queda dicho, funciona á razon de 43 revoluciones por minuto, elevando en cada una $32\frac{46}{100}$ litros, ó sean por segundo $23\frac{26}{100}$ litros. Su trabajo útil es, pues, de $77\frac{55}{100}$ caballos de vapor.

Ejecutada una experiencia para determinar el consumo de combustible con el trabajo de esta bomba, resultó de 70 á 75 kilógramos de hulla para 69 caballos de efecto útil, ó sean $1\frac{5}{100}$ kilógramos por hora y por caballo. "Esta cifra, dice el autor del escrito, puede considerarse como un poco baja, supuesto que se trata de *un resultado de experiencia* [en cuyo momento conducen los fogoneros el fuego con los mayores cuidados posibles].[1]

Este consumo de combustible parece inverosímil, pero en mi concepto se llegó á un resultado tan bajo, en virtud de que estando en trabajo las calderas para el movimiento de la máquina de extraccion; con el objeto de computar el invertido en el desagüe, únicamente se tuvo en cuenta el aumento del consumo de hulla durante el tiempo en el que funcionó la bomba. Hecha la estimacion de esta manera, las pérdidas naturales de calor inherentes á las calderas, quedaron aplicadas casi en su totalidad á la extraccion, y por consiguiente el consumo así obtenido para el desagüe tuvo que ser muy bajo.

Las importantes mejoras que se le notan á esta bomba de Bernissart, consisten en la expansion y en la condensacion inteligentemente aplicadas. En efecto, la primera, como textualmente lo dice Mr. Ledent, "es en realidad una expansion Meyer, variable automáticamente y en un tiempo muy corto, bajo la accion de un

1 Artículo citado, págs. 16 y 17.

regulador." La condensacion se ejecuta por medio del agua misma que ha de ser expulsada al exterior, siguiendo el sistema comun y corriente; empleando como única precaucion usar mayor cantidad de agua que la necesaria, por si la temperatura normal de ésta ó la del vapor tuvieren un aumento. Parece, pues, por lo expuesto, que las bombas subterráneas para arrojar el agua de un impulso hasta el exterior, se encuentran ya en condiciones favorables para usarlas en México en ciertos casos y con las precauciones convenientes.

Conviene para la economía de combustible y la regularidad del trabajo, abrigar lo mejor posible la tubería de descenso del vapor, como se ha hecho en Bernissart; pues que, en el interior de la mina, siendo la temperatura ambiente de 20°, junto al tubo del vapor [cuya temperatura interior correspondiente á la tension debió ser de 141°6 centígrados] el termómetro acusaba 24°, y aun con esto, la diferencia de presion entre las calderas y la marcada al pié de la tubería, en el plan de la mina, era de un cuarto de atmósfera.

Ciertamente que tratándose de máquinas de vapor para el servicio de las minas de hulla, la economía de combustible no puede tener la importancia que deberemos darle nosotros, supuesto el elevado costo que nos tiene; por lo tanto, si bien es cierto que en las bombas subterráneas se excusa el uso de las grandes masas de material que entran á formar las cadenas y los contrabalanzones; masas que deberán estar en oscilacion constante, y que por consiguiente es preciso vigilar de una manera permanente para atender con eficacia á las reparaciones que exijan; pero tambien es necesario tener en cuenta que un gasto cotidiano extra por exceso de combustible, pudiera ser en muchos casos más oneroso aún. Conviene pues, ser muy prudente al efectuar una eleccion de esta importancia, deteniéndose menos á examinar el importe de la maquinaria y el de su instalacion, cuando esto es posible, y fijándose preferentemente en que el costo inevitable y constante de su sostenimiento y reparaciones, sean esmeradamente económicos, y en que dicha maquinaria sea de larga duracion ó vitalidad en el trabajo. La razon de este modo de proceder es bien sencilla, supuesto que una máquina antieconómica de desagüe, en su trabajo cotidiano, gastará por exceso en un período de cuatro ó cinco años,

un valor más crecido que el total costo de su instalacion, sin que por esto los dispendios dejen de seguir para lo sucesivo. Al contrario, una de trabajo económico pero de elevado costo primitivo, durante el mismo período, muy probablemente cubrirá la diferencia de costo y continuará en lo sucesivo rindiendo provechos su economía.

He visto recientemente maquinaria de desagüe establecida á contrata por empresarios norteamericanos, en la que el costo de sostenimiento es de tal manera dispendioso, que en solo el curso de un año este costo es mayor que el de toda la instalacion. En el caso de que esta maquinaria pudiera permanecer en trabajo constante, no bastarian los productos de una mina pobre simplemente para cubrir los gastos del desagüe. ¡Tan decisiva así es en el país la buena ó mala eleccion de los aparatos de esta especie para algunas minas metalíferas!

Las circunstancias que es preciso tener en cuenta para efectuar una eleccion de esta especie, no son suficientemente conocidas por lo general; así es que muchos empresarios mineros se preocupan esencialmente de que los costos de la maquinaria de desagüe y de su instalacion sean los más pequeños posibles. Esto origina que adquieran malos aparatos fabricados con materiales de inferior clase, que más ó ménos tarde por consiguiente, ocasionan fiascos no pocas veces de cuantía, por su mal desempeño, antieconómica marcha y fácil desarreglo. De la experiencia adquirida con hechos de esta naturaleza proviene que muchos mineros, destituidos de los conocimientos necesarios para hacer las apreciaciones referentes á cada uno de estos casos, manifiesten seria repugnancia para introducir maquinarias en sus empresas.

Al efectuar la eleccion de una máquina de desagüe entre nosotros, conviene tener presente la distribucion de las aguas por extraer. Efectivamente, es muy comun en las minas, que los diversos manantiales cuyo conjunto forma la masa de líquido que se aglomera en los planes, tengan sus procedencias en diversas regiones situadas á variadas alturas. Cuando la mina cuenta con un socavon, se procura cuidadosamente cortar las corrientes superiores, á fin de que estas aguas tengan una salida espontánea, y se evite por tanto un escurrimiento hácia abajo y el costo consiguiente para levantarlas; pero á falta de socavon, ó tratándose de las

aguas que surgen debajo de su nivel, es conveniente reunirlas en corrientes parciales para que concurran á un sitio, del que sin pérdida de altura puedan ser levantadas por el desagüe. Con un malacate de vapor pudiera realizarse esta operacion, no sin inconvenientes, por las necesarias variaciones de altura; pero tratándose de una bomba interior que arroja las aguas de un impulso hasta el exterior, no habria otro recurso que dejar caer hasta el plan los afluentes superiores, ocasionando con ello el recargo consiguiente al costo de la operacion; salvo que se escalonaran varias bombas en los términos convenientes, multiplicando las instalaciones y recargando siempre, aunque de otra manera, el importe del sostenimiento.

Se comprende bien que estas bombas hayan sido aceptadas en diversas minas de hulla francesas, belgas y alemanas, en las cuales existen otras máquinas antiguas, que son las que elevan las aguas de los manantiales superiores, y aquellas únicamente se han instalado en determinados sitios para la expulsion de las aguas que allí concurran. Estas bombas, pues, de impulsion directa, han venido á formar parte del conjunto de aparatos de desagüe con una mision especial, y esto hay que tenerlo muy en cuenta cuando se trata de su establecimiento en otra localidad.

Un defecto grave de las bombas subterráneas, es el de quedar inutilizadas cuando el nivel de las aguas monta hasta cubrirlas algunos metros. Entonces es preciso disponer de otros arbitrios para extraer el líquido invasor, á fin de rehabilitar el aparato en sus funciones.

Los trenes de bombas del sistema Cornwall tienen la notable ventaja de poderse escalonar en un tiro, adaptándolas á las necesidades especiales de la mina de que se trate, de acuerdo con la entidad de los afluentes á los diversos niveles, y con las exigencias consiguientes á las invasiones extraordinarias producidas por las lluvias. Además, fácilmente se adapta á estos trenes una bomba móvil de las usadas para la profundizacion de los tiros, lo cual constituye una ventaja de no corta importancia.

En nuestro país la generacion del vapor es mucho más cara que en Europa y en Estados Unidos, debido al elevado costo del combustible. En Nueva York el precio de la tonelada de antracita americana varía de tres á cinco pesos, segun calidad y entidad de

la compra, y en Inglaterra es de cuatro pesos y medio la hulla de suprema calidad [*Best Welsh Coal*]. Suponiendo diez centavos de peso para el precio normal por arroba de nuestra leña seca en los principales distritos mineros centrales, como Guanajuato, Zacatecas y Catorce, obtengo para el costo de una tonelada inglesa [de 2,240 pounds, ó sean 1,015 $\frac{6}{10}$ kilógramos, correspondientes á casi 88$\frac{1}{4}$ arrobas mexicanas] de este combustible, $8.82$\frac{1}{2}$. Pero como tratándose de la hulla de primera calidad se necesitan próximente de nuestra leña 2$\frac{1}{4}$ veces por lo ménos para producir el mismo efecto, resulta que para obtener en el país el equivalente de esas clases de carbon mineral, es preciso gastar por lo ménos $ 19 86 cs., ó sea cuatro veces más que en las localidades citadas. Esta diferencia económica es enorme en el órden industrial, y explica por qué en este país con mucha frecuencia han fracasado empresas que en Europa y en Estados Unidos habrian sido muy productivas; pero que entre nosotros no en todas partes pueden serlo, dado el alto precio de la leña. Aun en las inmediaciones de los terrenos bien cubiertos de arboledas, difícilmente puede conseguirse este combustible á ménos de cuatro centavos arroba, ó sea á 8 pesos el equivalente de la tonelada de antracita.

Estas circunstancias particulares conviene tenerlas muy en cuenta cuando se trata de la instalacion de máquinas de vapor de cierta importancia, supuesto que los fabricantes extranjeros las desconocen, y por consiguiente á nosotros nos toca exigir resultados de una economía de combustible muy estricta para no encontrarnos embarazados despues en el trabajo con gravámenes constantes é inevitables.

El empleo de los motores animados tiene sus límites marcados por la entidad de la potencia que deberá aplicarse, supuesto que, miéntras se trate de un trabajo que no exija más de unos cuantos caballos de vapor, es fácil y económico muchas veces valerse de los animales para lograr con buen éxito el objeto; pero desde el momento en que dicho trabajo exija una potencia mayor, es prudente fijarse en el vapor ó en el agua como agentes motrices capaces de obrar con una accion constante, regularizada, fácilmente gobernable, y en lo posible no interrumpida, circunstancias á no dudarlo indispensables para la buena marcha industrial. Si pues, el vapor segun lo expuesto, es por lo general hasta ahora un agen-

te caro en nuestros centros industriales, por el elevado precio del combustible; entretanto las vias férreas pueden proporcionarnos la hulla á tipo de costo moderado, bien sea procedente de nuestros Estados del Norte ó bien de los Estados Unidos, es preciso dar mucha importancia, y de consiguiente mucho valor á la potencia engendrada por las caidas de agua, bien procedan de corrientes permanentes ó bien del estancamiento adecuado de las aguas pluviales.

Instalados los aparatos motrices hidráulicos, derivadas y canalizadas las corrientes de agua en la cantidad suficiente, y garantizada su constancia con las obras de arte necesarias, estas potencias así constituidas de duracion indefinida y de económico costo, tienen que valer por lo ménos tres ó cuatro veces lo que valdrian en Europa ó en Estados Unidos, en donde la generacion del vapor cuesta tres ó cuatro veces ménos, y en donde las maquinarias se obtienen á eleccion, con facilidad, con economía y con las debidas garantías de los fabricantes; cuyas condiciones difícilmente podrémos llenar aún en el país.

El proyecto, pues, del Ingeniero Glennie de ejecutar el desagüe de la célebre mina de Valenciana por medio de una gran caida de agua, que deberia descender por el brocal exterior del Tiro General, á fin de obrar sobre una máquina de columna de agua, y despues darle escape al líquido pór un socavon al exterior; proyecto que como queda ya expresado, se comenzó á ejecutar abriendo un túnel para derivar la corriente del Arroyo de Esperanza, fué en verdad un proyecto industrial de primer órden por lo relativamente económico de su ejecucion, supuesta la trascendencia de sus resultados, implantando un desagüe más que suficiente para Valenciana, y susceptible en consecuencia de extender su accion á las minas vecinas; desagüe que una vez radicado, su duracion habria sido indefinida, y á un tipo de costo bajo sin paralelo.

El finado Ingeniero D. Franco Parckman tuvo la feliz idea de aprovechar el agua de los arroyos principales cercanos á la ciudad de Guanajuato, tales como el de San Nicolás del Monte, el de Santa Ana, el del Cubo y el de la Sauceda, á fin de establecer motores hidráulicos destinados para el movimiento de las oficinas de beneficio ó metalúrgicas. Estos arroyos siendo muy escasos de agua durante la estacion de la seca, figuraba en el proyecto la construc-

cion de presas escalonadas, con la mira de acopiar durante las lluvias el líquido necesario para el objeto.

Ciertamente es muy deplorable que la muerte haya arrebatado á una persona inteligente, laboriosa y emprendedora, ántes de que hubiera desarrollado sus interesantes planes. Ellos recuerdan desde luego los grandes trabajos emprendidos en el Ober Hartz, para el manejo y economía de las aguas en las cañadas y arroyos principales; aguas reglamentadas por un número crecido de presas y acueductos escalonados, en términos de dar movimiento á una multitud de ruedas hidráulicas, en su mayor parte destinadas para la industria minera.

"Si en lugar de una sola veta, dice Mr. Burat,[1] se puede á la vez explotar un grupo de muchas vetas, las compensaciones [en los productos] se establecen aun más fácilmente, y los trabajos preparatorios ejecutados fuera de ellas toman entonces un desarrollo más considerable. La proporcion de los productos obtenidos permite en efecto, avanzar tiros bastante profundos, así como socavones de desagüe que sirvan á la vez para la desecacion de las minas y para el establecimiento de máquinas hidráulicas dedicadas á todos los servicios.—Examínense los trabajos preparatorios ejecutados en el Hartz, para la explotacion de la veta de Clausthal y Zellerfeld, y se tendrá idea de lo que pueden ser esas creaciones de la industria minera.—Los distritos metalíferos surcados por las vetas, están formados generalmente por terrenos accidentados que dominan la llanura. Se puede, pues, dar salida á las aguas por socavones de desagüe, que á medida que los trabajos se profundicen serán más largos. En el Hartz tales socavones, como el de las trece toesas, se han emprendido en los valles inmediatos: púsose despues en obra el Socavon de Georg, en Grund, al pié de los accidentes principales; en fin, despues se decidió la ejecucion de uno que partiendo de la llanura en Gittelde, ha debido franquear un trayecto de 17 kilómetros ántes de llegar á la primera veta, y que para cortar toda la red alcanza un desarrollo de 23 kilómetros.—Si estos socavones no tuvieran otra razon de ser que el desagüe del terreno y la desecacion de las minas, se podria conseguir el mismo objeto de una manera más sencilla por medio de

1 *Cours d'Exploitation des Mines par Amédée Burat. Troisième édition.* Paris, 1881, pág. 31.

las máquinas de desagüe; pero los países de vetas en general son los ménos favorecidos bajo el aspecto de las vias de comunicacion, y por consiguiente el carbon es allí caro. Por otra parte, el objeto de los socavones de desagüe es aun más extenso, y á fin de ilustrarlo, indican las láminas IV y V á la vez los diversos socavones escalonados [en el Hartz] los unos arriba de los otros, así como tambien los trabajos anexos para crear fuerzas hidráulicas.—El Socavon de Gittelde corta de nuevo las vetas á una profundidad de casi 400 metros abajo de la superficie; pero los tiros principales, tal como lo indica el corte longitudinal, han pasado con mucho esa profundidad, supuesto que llegan á 600 metros y aun á más, y por tanto la region inferior de los trabajos es preciso desaguarla por medio de máquinas.—Cada tiro debe además estar provisto de aparatos mecánicos destinados á la extraccion de minerales ó de escombros, á la ventilacion, á los *fahrkunst* para el ascenso y descenso de los operarios. Todas estas máquinas son hidráulicas y alimentadas por una circulacion de agua arreglada sobre la superficie del Hartz.—En consecuencia las corrientes de agua se han cautivado desde su orígen en los valles superiores, y se les ha arreglado en términos de alimentar en todas las estaciones numerosos estanques obtenidos por medio del represamiento. Estando estos estanques colocados en la proximidad de los tiros de extraccion, las aguas pueden introducirse en las minas y poner en movimiento ruedas hidráulicas ó máquinas de columna de agua.—Las aguas motrices despues de utilizadas, se devuelven al exterior por medio de los socavones.—Gracias á esta reglamentacion de las aguas, el minero encuentra á su disposicion las fuerzas más enérgicas y las más económicas. Las emplea no solamente para el servicio de las minas, sino para la preparacion mecánica de los minerales, para las fundiciones y para todas las oficinas dependientes de las explotaciones, y aun se dispone de ellas para la distribucion del agua en las ciudades y villas.—Supóngase que el Hartz así provisto de fuerzas hidráulicas, gracias á los trabajos preparatorios, se encontrara forzado á recurrir al carbon y á las máquinas de vapor; desde ese momento las minas cesarian de ser productivas.—Avanzadas las explotaciones en profundidad hasta situarse entre los niveles de 400 á 600 metros, se encuentran desaguadas por medio de poderosas máquinas de columna de agua. Un cañon situa-

do á 620 metros, llamado *el cañon profundo del agua* [la profonde galerie d'eau], sirve para ligar entre sí las principales vetas: una altura en el nivel del líquido de $1^{m}50$ se sostiene siempre en este cañon, en términos de trasformarlo en un *receptáculo* en el cual absorben el líquido las bombas del desagüe, á la vez que es un *canal subterráneo* para el trasporte de los minerales.—Los trabajos preparatorios del Hartz pueden servir de modelo para todos los distritos metalíferos. Los de Freyberg en Sajonia y los de Schemnitz en Hungría, concebidos bajo el mismo plan, pueden citarse igualmente como habiendo podido sostener las explotaciones á grandes profundidades. Solamente estos trabajos han compensado las onerosas cargas resultantes de la profundizacion de las minas, bien rápida en las vetas cuya inclinacion se aproxima á la vertical."

Por via de apéndice á lo trascrito agregaré que en las cercanías de los distritos metalíferos de Clausthal y Zellerfeld en el Hartz, dentro de un cuadrado de doce kilómetros por lado, existen construidas muy cerca de cien presas, algunas de importancia, en las diversas cañadas, á fin de acopiar el agua necesaria para los variados servicios durante todo el año. El número de ruedas hidráulicas exteriores puestas en accion pasa de 150, y el de las que trabajan dentro de las minas es de 30, sin incluir las máquinas de columna de agua.

Estas someras notas son suficientes para dejar conocer la importancia dada en los distritos metalíferos alemanes á la accion motriz de las aguas. La economía producida por el moderado costo de su trabajo, justifica debidamente el empleo del crecido capital invertido en obras exteriores é interiores ejecutadas en el curso de muchos años para el establecimiento de tan numerosos aparatos.

El precio del combustible en esos distritos es inferior al que se paga en Guanajuato, y por consiguiente suponiendo implantados estos arbitrios en el más importante de nuestros distritos argentíferos, á la primera ojeada se comprende la realizacion de una economía de seria consideracion en los costos del laborío y del tratamiento. Pero ¿pudiera estar al alcance de un solo particular la ejecucion de tan interesante proyecto adaptable á un distrito metalífero de la amplitud de Guanajuato? Si para ello fuera preciso la organizacion de una compañía provista de cuantiosos fon-

dos, ó la asociacion de las diversas empresas mineras agrupadas segun lo exigiera la posicion de sus pertenencias, ¿se podria contar con la sólida organizacion de unas compañías que fincaran cuantiosos intereses para percibir los provechos correspondientes durante un largo período que pudiera ser de siglos?

Dejarémos el estudio de estos interesantes problemas á los entendidos negociantes mineros guanajuatenses, y únicamente diré que para aprovechar en grande escala las aguas como motrices en el interior de las minas, hacen falta en Guanajuato los socavones de desagüe, cuya mision, como quedó asentado, no es nada más la de dar salida espontánea á las aguas que se producen arriba de su nivel, y á las que brotan debajo, y que en vez de levantarlas hasta la superficie se les eleva nada más hasta su piso, con una considerable reduccion en el costo, sino que tambien su objeto es producir el mismo efecto con las aguas del exterior que se introducen á las minas, con la mira de engendrar fuerzas motrices, aprovechándose de los desniveles que resultan entre el punto de entrada y el de la salida por el socavon de desagüe. Procediendo de esta manera, las aguas mismas que escurren de los manantiales situados sobre el piso del socavon, particularmente en la época de las afluencias ocasionadas por las lluvias, y que ántes de la apertura de éste constituian una causa onerosa de desembolso, podrian utilizarse para engendrar con su descenso una potencia mecánica mayor ó menor, pero siempre capaz de producir un efecto útil, y por consiguiente de tener un valor real, aprovechable quizá con mucha oportunidad para el desagüe en los momentos de las invasiones máximas, combatiendo al enemigo más temible y poderoso del minero, con los elementos que éste puede recoger como despojos, en la misma proporcion con la que aquel ataca.

Emprendida la lucha de este modo, poco tiene de desventajosa supuesto que el minero puede acopiar superficialmente con las lluvias su elemento líquido motriz, á fin de estar á la expectativa de que el agua invada sus laboríos, para proceder á su extraccion con las potencias hidráulicas aliadas interiores y exteriores.

Desde principios del siglo el Sr. Humboldt llamó la atencion de los mineros guanajuatenses sobre este asunto, y aun textualmente dice: "En el distrito de las minas de Freyberg, no obstante que no dan anualmente la séptima parte de plata que la mina sola de

la Valenciana, han llegado á abrir dos cañones de desagüe, de los cuales el uno tiene 63.213 metros y el otro 57.310 al hilo." [1] Pero agrega tambien que: "El Sr. Alaman, cuyas opiniones se fundan sobre un gran conocimiento de las localidades, es de opinion que la cavadura de un *socavon general* seria una empresa muy costosa é imposible á causa de la falta de union entre los propietarios de diferentes minas." [2]

Quizá lo que el Sr. Alaman juzgaba como imposible, hoy no lo sea ya, si se atiende á los progresos científicos y económicos que se han introducido y pudiera decirse popularizado en la industria minera guanajuatense, de veinte años á esta parte. Las severas y largas crísis que han soportado los mineros y metalurgistas ó beneficiadores, con motivo de los deprimidos productos de las minas durante un período de años no corto, ha sido un motivo demasiado serio para preocupar los ánimos con estudios económicos sobre una industria languidescente y que amenazaba absorber la fortuna de los negociantes atrevidos ó poco cautos.

El espíritu de asociacion, por lo tanto, ha podido adquirir desarrollo y vitalidad, y con esto se han podido tomar en consideracion, y aun se han realizado empresas antes difíciles de acometerse, tales como los desagües de Valenciana y Rayas, en los que fracasaron unas Compañías tan poderosas como las inglesas. El buen éxito alcanzado por esas empresas enteramente guanajuatenses, y los buenos resultados administrativos que presiden á su marcha, traerán más ó ménos tarde el provecho de sus accionistas, y esto no será poco para estimular en lo sucesivo la formacion de sociedades mineras más cuantiosas, con puntos objetivos de mucha mayor amplitud, y tan consolidadas como sea posible ante la prevision científica é industrial, á fin de obtener utilidades más seguras que en cualquier otro ramo, sin estar expuestas á competencias muchas veces ruinosas.

Ciertamente que no seria obra de muy poco tiempo la apertura de un túnel dirigido á la Veta Madre, partiendo por ejemplo de los alrededores de la Estacion del Cantador en el Ferrocarril Central. Con una longitud más ó ménos de 2,400 ó 2,500 metros de

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, segunda edicion castellana. Paris, 1827, tomo III, pág. 88, nota.
2 *Report of the United Mexican Association*, pág. 13.

socavon-crucero, se obtendria quizá un desnivel 230 metros bajo del brocal del Tiro General de Valenciana, 158 bajo el del Tiro General de Rayas, y 136 bajo el de San Miguel de Mellado y bajo el del general de Cata. Una gran parte de tan interesante obra debiendo atravesar el conglomerado rojo, que por lo general es una roca dócil para el avance, aun sin máquinas de barrenar, simplemente á mano y con buena dinamita, esmerándose en el cuidado inteligente del trabajo, se podrian lograr diez metros de avance semanario, con una seccion de túnel que convendria no bajara de 3 metros de anchura por otro tanto de altura. Suponiendo 500 metros de apertura por año, bastarian cinco para llegar al corte de la gran veta, y si las obras de prolongacion del túnel en las minas para comunicar los tiros de desagüe se hubieran arreglado entretanto, al tocar el gran crucero la veta, se lograria la comunicacion desde luego, y por consiguiente la salida de las aguas. La ventilacion de la obra en apertura por una sola frente, partiendo del exterior, se podria lograr por medio de agujeros de sonda convenientemente espaciados.

Actualmente las Compañías mineras aviadoras de las Negociaciones de Valenciana, Cata, Mellado y Rayas, fácilmente pudieran ponerse de acuerdo, á fin de emprender este túnel para el servicio comun de sus empresas, con los objetos principales siguientes: 1º Aligerar la potencia y por consiguiente el costo del desagüe en cada una de estas negociaciones, siendo sobre todo bien sensible esta diminucion, si se lograran cortar arriba del proyectado socavon las afluencias consiguientes á la estacion de lluvias: la economía resultante en el costo del desagüe bajo de estas circunstancias no seria de poca consideracion. 2º Quedar en aptitud de crear potencias hidráulicas por medio de la introduccion de las aguas superficiales al interior de las minas; aguas que una vez aprovechadas saldrian por el socavon. 3º Habilitar el túnel con una buena via férrea, ó bien trazarlo de tal manera que pueda sostener un nivel de agua en todo su curso, de 1 á 1½ metros sobre su piso, con el fin de aprovecharlo para la económica conduccion de los frutos al exterior. De la desembocadura del túnel podrian seguir éstos, en ferrocarril ó por la prolongacion superficial del canal hasta llegar á las haciendas de beneficio. 4º El socavon crucero practicaria un completo registro sobre el alto de la Veta Madre,

no sin alguna expectativa al cortar las vetillas diseminadas en esa region.

El inteligente Ingeniero D. Francisco Reynoso nos ha dado á conocer en un interesante artículo, que el Socavon de San Andrés perteneciente á la mina de Rayas, y abierto 82 metros abajo del brocal del Tiro General, con una longitud de cerca de 200, tuvo un costo de ejecución estimado en 8,887 pesos. Computado el costo del desagüe emprendido en la mina de Rayas por la Compañía "Concordia," realizado en treinta y cuatro semanas de trabajo, vaciando los toneles del gran malacate al nivel de este Socavon, en el Tiro General, se obtuvo una economía en el gasto de leña de 9,420, y en el gasto total de 13,154 pesos.

"Parece bien demostrado, dice el Sr. Reynoso,[1] con estos resultados, que tan solamente en leña se realizó una economía superior al costo del Socavon.—Reflexionando en que aquí sólo hemos tenido en cuenta una de las ventajas—la que mejor puede apreciarse en dinero—y eso durante el pequeño período de 34 semanas que empleó "La Concordia" en desaguar, se tiene que admitir como justificados los esfuerzos hercúleos llevados á buen término para la apertura de las enormes obras al principio referidas (los cinco largos socavones del Hartz, tres de Mansfeld y uno de Freyberg). Y hay que sentir que no se hayan ejecutado algunas semejantes en nuestro Distrito, como la iniciada por el egregio Baron de Humboldt."

La ejecución de un túnel de este género para las más célebres minas de la Veta Madre, obligaria tambien á tomar en consideracion los proyectos relativos al establecimiento de presas capaces de acopiar el agua motriz necesaria para realizar el desagüe, la extraccion y en algunos casos la compresion del aire en las diversas minas asociadas á la empresa del socavon.

Devueltas las aguas al exterior, deberian utilizarse todavía como fuerza motriz para la molienda de los minerales y para las diversas manipulaciones en las haciendas de beneficio establecidas en su curso, y aun despues, á su escape definitivo hácia la llanura, se podria vender el líquido remanente á los agricultores.

Tilmann refiriéndose á socavones se expresa de la manera si-

1 *Boletin de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros.*—Guanajuato, 1888.—Tomo I, p. 84.

guiente:[1] "La veta madre tiene un echado de 45°, favorable á la vez, por la configuracion superficial del terreno, para la apertura de un socavon. Entre varios, podria citar uno en la Cañada del Acabuco, que con 1,200 metros de longitud, ganaria en Maravillas 80 metros, en Tepeyac 120 y en Valenciana 165. Otro partiendo de la Cañada de San Javier, con 2,200 metros, ganaria en Valenciana 195; y por último, partiendo de la Cañada de Sechó, con una longitud de 250 metros, se ganarian 130 en Mellado y Rayas."

Sin embargo de la falta en Guanajuato de grandes socavones para el servicio de importantes grupos de minas asociados con este interesante objeto, existen varios de no poca importancia para el servicio aislado de algunas minas, desarrollados los unos hasta tocar á su término, y más ó ménos avanzados los otros, pero sin haber llegado á su fin. Citaré entre los primeros el Socavon de Sirena y el de Rayas en la Veta Madre, que han ganado un nivel relativo á los brocales de cada tiro general, de 142 y 82 metros, con unas longitudes de 620 y 211 metros; y los de San Bernabé y San Cayetano de las Adjuntas, en las minas del grupo de la Luz, que con unas longitudes de 1,300 y 1,900 metros, han ganado el primero respecto del brocal del Tiro de la Asuncion de la Navarra 210, y el segundo relativamente al de San Cayetano, 194 metros. El Socavon de la Doctora en Villalpando, con 700 de longitud, ganó bajo el brocal del Tiro General ó de San Lorenzo 117 metros. El laborío de la mina de la Loca se emprendió desde luego por un socavon de 200 metros de longitud, ganando una profundidad de 95 en el brocal de su tiro subterráneo. Bajo circunstancias semejantes se encuentra sistemada la explotacion en la mina del Tajo.

En las regiones del Sureste de la Veta Madre, en los sitios hasta ahora muy flojamente investigados, tiene emprendido un socavon el Sr. Cornadó, hácia el Noroeste, á fin de penetrar á los grupos de minas de Cárdonis, Purísima, El Cedro y San Rafael. Con una longitud más ó ménos de 3,100, ganará bajo el brocal del Tiro General de San José, en San Rafael, aproximadamente, 180 metros.

Independientemente de las obras citadas, existen otras varias,

1 *Der Bergbau und das amalgamations. Verfahren in dem Bergwerks.—Distrikte von Guanajuato in Mexico.* Münster, 1866, p. 33.

ó de pequeña importancia ó que no llegaron á su término, y hoy se encuentran abandonadas; pero no por esto dejan todas de demostrar los esfuerzos aislados de los explotantes, de aprovecharse de las ventajas que les ha ofrecido el terreno para emprender la apertura de socavones. Si pues, la localidad se presta por sus accidentes topográficos para la realizacion de obras de esta naturaleza, es sensible que las diversas empresas no se hayan agrupado, de acuerdo con su situacion, para emprenderlas mancomunadamente, bajo condiciones de desnivel aun más ventajosas y con un costo relativo menor para cada una de ellas.

La extraccion de frutos y de escombros en algunas minas que no disponen de malacates de vapor, se ejecuta por medio de los malacates comunes de caballos, que elevan *jaulas* guiadas, en las cuales se aloja un carrito con su carga correspondiente, que ha caminado sobre rieles en el interior de la mina, y que despues tomará los rieles exteriores hasta el sitio en donde deba vaciarse. La antigua costumbre, pues, de efectuar la extraccion en *mantas* de cuero ó de lechuguilla, que libremente suspendidas transitan por los tiros, va quedando relegada á las minas de pequeño movimiento, ó para las que marchan en trabajos de cateo ó sea de primera exploracion.

Los gastos de fortificacion en las minas guanajuatenses, son por lo general de poca importancia relativa, supuesto que su monto apénas llega al dos ó á lo más el tres por ciento del importe de toda la explotacion. La ejecutada con madera, ó sea *ademacion*, presenta poco interes y no hay por otra parte grande esmero para trabajarla; en compensacion, la de piedra se desempeña muy bien, sea que se trate de muros de esta materia en bruto y en seco, llamados *pretiles* [*trincheras* en Zacatecas y *costillas* en Catorce], ó bien que se trate de la fabricada con argamasa, ó sea mampostería propiamente dicha. Abundan los pretiles y á veces de gran altura con sus respectivas escarpas en los laboríos, especialmente en los amplios comidos de la Veta Madre.

Los arcos y las fortificaciones de sillares, aprovechando el magnífico material de construccion llamado *losero*, usados en los tiros, se hacen notables por su buena ejecucion. Con este motivo Humboldt se expresa de la manera siguiente:[1] "La mampostería que

1 *Ensayo Político sobre Nueva España;* traduccion castellana. Paris, 1827, tomo III, p. 128.

se emplea en los tiros y cañones, especialmente el ademe de cal, merece muchos elogios. Las claves de los arcos se ejecutan con mucho cuidado, y en esta parte las minas de Guanajuato pueden competir con todo lo más perfecto que se ve en Freyberg y en Schemnitz."

Mencionadas á grandes rasgos las operaciones interiores del laborío segun el órden de la importancia que tienen relativamente á su costo, en cuanto á las exteriores poco hay que decir especialmente en lo relativo á Guanajuato. Despues de la primera pepena á la que se sujetan los frutos que se arrancan de las vetas en el interior de las minas; pepena tosca que tiene por objeto separar la masa de matrices ó de roca de los respaldos, que de una manera bien definida carecen de pinta metálica aprovechable, se extrae la masa escogida al patio de la mina, para quebrantarla y pepenarla con esmero, separando la parte costeable de la incosteable y de la estéril ó tepetate. A este efecto las diversas partidas ó lotes de cada labor ó de cada dueño minero, se amontonan por separado, á fin de que sus dueños las pepenen.

El sistema administrativo seguido generalmente en Guanajuato para el disfrute, ó sea el arranque de los frutos pobres, es el llamado comunmente de *á la busca* ó de *al partido;* consiste éste en acometer el trabajo por medio de operarios activos, en los sitios de labor que designa la administracion interior bajo el nombre de *campos.* El empresario solicita operarios compañeros que compartan con él la ejecución del trabajo, y por consiguiente las ganancias ó las pérdidas; ó bien desempeña el cometido con trabajadores á jornal, siendo en todos casos de su cuenta el explosivo, la mecha ó las cañuelas y el alumbrado, y en el exterior tiene que ejecutar la pepena y aderezar la partida de los frutos que arrancó, á fin de que sea vendida en subasta pública al mejor postor secreto en los *rescates* ó bien para entregarla y venderla conforme á su ley docimástica y á su peso.

Obtenido de uno ó de otro modo su valor contante, la mitad pertenece á la negociacion minera, y la otra mitad al empresario de la labor ó labores, designado en Guanajuato con el título de *buscon,* y en Catorce, quizá con más propiedad, se le llama *laborista.*

Desempeña, pues, el buscon los cargos siguientes: 1º El traba-

jo necesario para ejecutar el arranque de los frutos en los términos convenientes para su mejor aprovechamiento, siendo de su cuenta el consumo de los materiales necesarios, con excepcion del deterioro de la herramienta, y de las obras de fortificacion que puedan ser necesarias. 2º La vigilancia indispensable para conservar en depósito los frutos que produce el arranque, entretanto pueden salir al exterior. 3º Quebranta y pepena en el patio el lote de frutos arrancados. Todas las demas operaciones, como trasporte interior y exterior, y la extraccion, son de cuenta de la mina. En retribucion de los trabajos mencionados, recibe el buscon, como quedó dicho, la mitad del valor contante de los frutos.

La administracion de la mina tiene un derecho reconocido para prescribir al buscon las condiciones bajo las cuales deberá avanzar su labor ó labores, y para retirarle la facultad de seguir el disfrute, salvo el evento de un convenio especial.

Aceptado este sistema desde tiempo inmemorial, tratándose de las labores de baja ley en sus rendimientos, ó de las de elevada ley pero de muy escaso rendimiento, las razones de su existencia provienen á no dudarlo, de una larga experiencia que armoniza localmente los intereses de los empresarios y los de los trabajadores dedicados al disfrute. Tratándose de frutos ricos y abundantes, seria demasiado la mitad del producto bruto como remuneracion correspondiente al arranque y á la pepena.

Respecto de esta manera de trabajar al partido, se expresa Tilmann del modo siguiente, refiriéndose á las antiguas épocas de bonanza: [1] "Permitíase trabajar en la mina á algunos operarios, en términos de poder ocupar á otros por su cuenta, á fin de abrir labores y emprender obras de especulacion en busca de frutos, de donde vino el nombre de "buscones." Regularmente se les daba pólvora y herramienta, pero deberian pagar las velas y los gastos de carga. Cuando un buscon encontraba frutos, aunque no tenia derecho por las leyes mineras de extraerlos por cuenta propia, el uso sin embargo se lo concedia. Ricos ó pobres que fueran los frutos, la mitad correspondia al buscon para retribuir su trabajo y la otra mitad quedaba á favor de la mina. El buscon podia elegir entre vender la partida ó hacerla vender por la mina, ó

1 *Der Bergbau und das amalgamations.—Verfahren in dem Bergwerks.—Distrikte von Guanajuato in Mexico.* Münster, 1866, p. 36.

bien que la division se practicara en especie. En este evento la mina enviaba su parte á una hacienda para que fuera beneficiada, pagando por la operacion una cuota segun la ley. De la plata extraida retenia la hacienda el importe á su favor, y remitia el sobrante á la mina. El valor de esta plata era el único que figuraba en los libros de ésta. Además del disfrute efectuado por los buscones, habia alguno muy escaso desempeñado á jornal. Ya he indicado que la falta de espíritu de consolidacion fué muy perjudicial para la minería guanajuatense. El sistema de buscones hizo imposible la direccion uniforme de las minas, supuesto que cada una se encontraba subdividida en disfrutes parciales, enteramente independientes."

Más adelante agrega:[1] "Los buscones forman una clase muy original. Su aspiracion no es ganar un jornal determinado: son más bien "mineros apasionados" que emprenden la especulacion en las minas de propia cuenta, con brillante resultado á veces, pero en cambio están listos para quitarse del cuerpo la camisa y venderla, y para vivir en la mayor miseria á fin de llevar á cabo las obras emprendidas. Sacrifican en sus ilusiones frecuentemente cuanto tienen. Si logran un tramo fructífero, ganan mucho dinero en poco tiempo con la mitad que les corresponde, y se entregan entónces á vivir en la abundancia y con liberalidad. Grave contrariedad seria que los mineros de Guanajuato tomaran la resolucion de economizar, pues más ó ménos tarde las minas quedarian sin operarios. En los buenos tiempos el buscon trata de comprar superfluidades de lujo y de costo (*hacer prendas*) en vez de fabricarse una casa. Cuando viene el tiempo escaso su expediente consiste en vender baratas las prendas á los usureros. No se procura una buena cama, una comida sustanciosa ó alguna otra comodidad que ni conoce; pero sí tendrá una taza de plata para presentar el chocolate á sus amigos. Las excepciones de lo dicho son raras."

Las labores de las cuales son retirados los buscones, pasan á ser trabajadas por cuenta de la mina, con "paradas rayadas," ó sean operarios á jornal, y toman entónces el nombre de "labores de hacienda," intervenidas en todas sus operaciones por la administracion interior de la mina. Los frutos que ellas producen, se sujetan

1 En el mismo opúsculo, p. 39.

á la pepena en el patio por operarios á tarea ó destajo, y lo que éstos devengan en su trabajo es lo que consta en las memorias semanarias de gastos, bajo el título de "patio" ó de "pepena." Se comprende que bajo este órden el importe de esta partida sea muy variable, segun la entidad y número de las labores de hacienda en accion.

Llama la atencion que en nuestros distritos mineros centrales de la República, especialmente en algunos muy productores de carga mineral, á veces demasiado pobre, como en Zacatecas, se fije poco la atencion en arreglar de una manera más económica el "quebradero," ó sea la operacion de la pepena de los frutos para separar la parte estéril. En el Mineral del Rosario, en el Estado de Sinaloa, Negociacion del Tajo, los jornales son caros por la escasez de gente trabajadora, bajo el cálido clima de la costa del Pacífico; de modo que ha sido preciso suplir con arte la escasez y carestía de brazos. Los carritos del interior de la mina, cargados de frutos, son levantados por el malacate de vapor, y ya en la superficie, caminan sobre los rieles del patio hasta los vaciaderos, formados de grandes cajas de madera en figura de tolva, colocadas sobre un escalon descendente del terreno, de manera que el plano inclinado sobre el que vacía el carrito tiene una pendiente de 40 á 50 grados, y en la anchura correspondiente al mismo carro, el plano inclinado de descenso está provisto de una parrilla de hierro que deja pasar la tierra y los granzones, y éstos al filtrarse se encuentran con otra criba más fina que separa los granzones, de las granzas unidas á las tierras. Sin embargo de la humedad de la carga, se ejecuta rápidamente una separacion que da por resultado reunir dentro de las grandes tolvas la carga gruesa que sale ya quebrantada de la mina, y fuera de ellas, en compartimentos separados por debajo, los granzones por una parte y las tierras y granzas por la otra.

Las tolvas tienen por el frente y á su pié una compuerta por la cual fácilmente se extrae la carga gruesa que debe pepenarse. Allí tiene su instalacion un quebrador ó pepenador que directamente se surte de piedra mineral de la tolva ó depósito, y en medidas de madera especiales deposita la masa pepenada, dejando la desechada en montones al aire libre. El pago es á destajo por las medidas aprovechables recibidas por el capitan de patio. Los

pepenadores para auxiliarse en el reconocimiento de la pinta mineral tienen á su disposicion una manguera de goma con su piton y llave metálica, á fin de mojar á voluntad la masa por pepenar. Los granzones fácilmente se escogen á la simple vista, y las granzas y las tierras directamente pasan á la hacienda de beneficio, sin más preparacion.

Carritos de ferrocarril situados á un nivel un poco más bajo, reciben fácilmente los frutos que directamente se conducen á las *rezagas* de la oficina de beneficio, situadas un poco arriba de los surtidores del molino hidráulico. Los tepetates se acarrean tambien en carros para arrojarlos al terrero. De esta simple narracion se desprende la economía que se logra en los costos de la pepena, excusando multitud de trasportes parciales con sólo aprovechar el desnivel de unos cuantos metros entre el brocal del tiro, el patio y el terrero.

Además de la pepena semanaria de la carga extraida del interior de las minas en Guanajuato, en 1862 tomó gran desarrollo la repepena de los enormes terreros pertenecientes á los más célebres laboríos de la Veta Madre, por circunstancias que someramente enumeraré.

Era de antigua costumbre conforme á las prescripciones de la Ordenanza de Minería [artículo 5°, título XIV] entónces vigente, que el Juzgado de los Reales de Minas, de preciso acuerdo con la Diputacion de Minería, al finalizar un año, fijara el precio que deberia regir para el cobro de la maquila en el año siguiente, ó sea lo que los beneficiadores quedarian autorizados para cobrar legalmente á los mineros ó á los introductores de carga mineral, por el importe del beneficio de un monton por ejemplo, si esta era la unidad usada en la localidad.

En Diciembre de 1860, cuando regia el precio de treinta pesos para la maquila de un monton de treinta y dos quintales, acudieron á la Diputacion de Minería los *hacenderos* ó *maquileros*, como se les suele llamar en Guanajuato, solicitando que el precio para la maquila de 1861 fuese de treinta y seis pesos por monton. Despues de algunos trámites, el Juez 1° de Letras, asociado á la Diputacion, decretó que el precio en debate quedara fijado en treinta y dos pesos. No satisfechos con la resolucion los maquileros, acudieron con sus razones al Gobierno del Estado, y éste, en Enero

19 de 1861, cortó el nudo de la dificultad derogando los artículos relativos de la Ordenanza, y dejando en absoluta libertad á los dueños de las haciendas de beneficio para cobrar por maquila lo que cada cual tuviera por conveniente.[1]

Destruido con una plumada este régimen antiguo, que en el terreno de los hechos favorecia en Guanajuato á los beneficiadores, asegurándoles buenas utilidades en sus giros, comenzó entre ellos la competencia y por consiguiente la baja en el precio de la maquila, con no poco provecho de los mineros. No siendo de cuenta del maquilero la pérdida natural de ley en los frutos sujetos al beneficio, y cobrando por la maquila treinta ó treinta y dos pesos, se puede computar que simplemente para cubrir este importe con el valor líquido de la plata, deducido el costo de amonedacion y los derechos fiscales, era preciso que el monton tuviera aproximadamente cuatro marcos de ley docimástica. Abajo de esta ley, haciendo abstraccion del oro, la masa mineral resultaba incosteable; pero como además en los frutos de corto contenido en plata la ley de oro es generalmente baja, pudiera decirse que los minerales de ménos de cuatro marcos, forzosamente se desechaban en las minas y tenian que ir á dar á los terreros ó desechaderos.

De algunas cuentas antiguas de maquila de principios del siglo que he tenido á la vista, se desprende que la rebaja de plata para cubrir el importe del beneficio, montaba á 4 marcos 6 onzas efectivas por monton de treinta y dos quintales, deducidos del rendimiento producido por los frutos beneficiados. No es, pues, de sorprenderse de que en los terreros hubiera minerales desechados con cuatro y cuatro y medio marcos de ley docimástica.

La competencia habiendo hecho bajar el precio de la maquila en los primeros años, computada en descuento sobre la ley docimástica, á razon de 3½ marcos por monton de treinta y dos quintales, segun se observaba en 1863, pudo reconocerse que una parte de los terreros era aprovechable. Pero como la competencia en el giro de las haciendas continuara, dicho descuento en ley para cubrir el importe de la maquila ha descendido hasta sistemarse de 2¼ á 2 marcos por monton. Con tan notable rebaja, bien se com-

1 Los detalles de este debate pueden consultarse en el tomo titulado: *Anales de la Minería Mexicana.* México, 1861, p. 32 á 37 y 66 á 68.

prende que la repepena de los terreros haya producido todavía una masa mineral considerable susceptible de dar utilidad.

Esta repepena se ha hecho por medio de peones, y en algunos terreros, como en el de Fraustros, que ha producido más de un millon de cargas de 14 arrobas, se pasó de la masa suelta de los desechaderos asentados sobre los crestones de la Veta Madre, á la masa misma de ésta, que á la luz del dia presentaba una ley que vino á ser costeable á consecuencia del bajo costo del beneficio.

Para tener una idea de la enorme produccion mineral sacada de los terreros, es bastante lanzar una ojeada en el terreno sobre las considerables masas removidas, y los huecos que entre ellas se observan. Notable es en efecto por una parte lo cuantioso de la masa extraida de las minas y depositada en los terreros durante el curso de los años en las explotaciones antiguas, y por la otra la paciencia y la constancia necesarias para repepenar la parte útil, separándola de entre tan crecida masa de escombros. Los terreros de Valenciana verdaderamente sorprenden por la magnitud de su masa, y dudo que en el país haya algunos comparables, si no son los que pertenecieron á la antigua Negociacion de Veta Grande en Zacatecas.

Esta diminucion en el importe del tratamiento metalúrgico alcanzada en el curso de los años en el país, ha sido motivo para que multitud de antiguos centros mineros importantes, colocados despues en completa decadencia, durante largos períodos hayan seguido produciendo metal precioso, extraido de sus terreros ó de los *atierres*, *ataques* ó *retaques* procedentes de las viejas explotaciones de épocas más felices. Para no multiplicar ejemplos citaré las en otro tiempo célebres localidades de Sombrerete, Ramos y Cerro de San Pedro ó del Potosí.

En Guanajuato como en la mayor parte de nuestros distritos mineros, se encuentran multiplicados los tiros para la extraccion y el desagüe. Pudiera decirse que estas obras se repetian en virtud del sistema seguido en las explotaciones antiguas. Tilmann presentó esta observacion en los términos siguientes: [1] "Se ha preferido [en vez de la apertura de socavones] abrir enormes tiros de 6 á 12 metros de diámetro, para ejecutar la extraccion y el

1 *Der Bergbau und das amalgamations.—Verfahren, etc.;* varias veces citado, p. 33.

desagüe. A fin de alcanzar mayor profundidad, no se avanzaron los tiros existentes, sino que se prefirió emprender otros nuevos desde la superficie, tal como lo manifiesta el adjunto perfil ideal de Valenciana."

Con anterioridad he dado á conocer que los antiguos se veian obligados á dar á sus tiros generales más recientes, secciones fuertes en virtud de la extraccion creciente de frutos, de escombros y de agua que por ellos ejecutaban, valiéndose de los malacates de caballos como del arbitrio por ellos usado para estas operaciones. Como por otra parte el trasporte interior de las labores á los tiros se realizaba á hombro de tenateros, con un gravámen fuerte (pues segun Tilmann 14 arrobas conducidas á 100 metros importaban 22 centavos), se comprende perfectamente que cuando el movimiento de produccion de una mina requeria un tiro de mayor amplitud, en vez de ensanchar alguno de los existentes, se pensara en abrir otro nuevo, á fin de colocarlo en el centro del activo laborío, con objeto de acortar las distancias de los trasportes y con esto lograr una economía semanaria de algunos miles de pesos. De esta manera sencilla se explica la multiplicidad de tiros en casi todas las negociaciones mineras que han sido de importancia, y así dice Humboldt que aconteció en Valenciana, segun los renglones trascritos en el capítulo anterior, al referirme á los tiros de esta mina.

La mina de Mellado presenta una excepcion respecto de este sistema, pues para llegar á una profundidad de cuatrocientos metros bajo del brocal de su antiguo tiro, que alcanza una longitud de 230 metros nada más, se siguió hácia abajo sobre la inclinacion de la veta, por medio de un tiro diagonal, que á plomo descendió 140 metros, y para bajar de nuevo de este nivel, se arregló un pequeño tiro vertical llamado de San Telésforo, de 84 metros, que no llegó sin embargo á adelantarse al laborío más profundo, llamado "Planes de San José." Las complicaciones consiguientes á estos arbitrios se comprenden bien, supuestos los trasportes parciales á estos diversos tiros, y los tres movimientos de extraccion consiguientes. El ascenso del agua fraccionado de esta manera, aun cuando fuera activo tenia que ser insuficiente, y por consecuencia esta mina se vió obligada á depender en su desagüe de la de Rayas, su vecina, y por tanto al organizar una sociedad co-

aviadora para emprenderlo, fué preciso que ambas minas quedaran reunidas para el objeto.

No se puede tampoco recomendar el uso consiguiente é indispensable de conservar en el interior de las minas los caballos necesarios para el movimiento de los malacates subterráneos, tal y como en Mellado tenia que hacerse. El ascenso y descenso de los animales enfardados era demasiado bromoso, y además las necesidades de su manutencion costosas y más ó ménos imperfectas. En semejantes circunstancias no se puede exigir del animal sino un trabajo moderado. Además de estos inconvenientes se presenta el no ménos grave de que el trabajo de los tiros interiores, por no estar á la vista, no se puede vigilar con facilidad por la Admimistracion exterior; por consiguiente el servicio resulta oneroso é imperfecto.

Estos antiguos defectos en el laborío de las minas guanajuatenses, se irán salvando en los trabajos modernos, al frente de los cuales figuran inteligentes ingenieros, y por lo relativo á las obras emprendidas recientemente, además de obedecer en su colocacion á un plan general de explotacion, se notan modificadas y reducidas en sus dimensiones á términos convenientes. Los cañones, pozos y cruceros de reconocimiento, demasiado amplios antiguamente segun lo hizo notar Humboldt, están hoy limitados como en Europa y Estados Unidos á las dimensiones indispensables.

En las minas modernamente disfrutadas en trayectos no cortos, como el Nopal, se reconoce que las obras de especulacion sobre la veta, y las posteriores de disfrute marcharon regularizadamente, teniendo presentes las conveniencias futuras de la explotacion.

La necesidad de llevar adelante con constancia y con demasiada prevision un sistema en el laborío de nuestras minas argentíferas, se hace bien notable, no solamente á los ingenieros especiales profundamente versados en los trabajos de esta naturaleza, sino tambien á los negociantes mineros, que se han visto precisados para el estudio y desarrollo de sus empresas, á examinar el giro de las minas por algunos años con atencion sostenida.

En efecto, el trabajo de las minas metalíferas requiere una esmerada prudencia y una estudiada prevision, á la vez que los conocimientos especiales relativos á esta importante industria, como

quizá no acontece en ningun otro género de empresa. La apertura de las obras mineras, sobre cuyo conveniente desarrollo está basado el porvenir de una explotacion, están sujetas por la naturaleza misma de las cosas á ser lentas, costosas en su ejecucion y frecuentemente inciertas en su éxito. La marcha es lenta por lo regular en cada obra, en razon de que es preciso abrirse paso á través de las montañas ó de las masas minerales más ó ménos compactas, y esto con un costo más ó ménos elevado, que á la larga representa el empleo de una fortuna, y son inciertas las obras de descubrimiento sobre los criaderos, y más aún las de exploracion fuera de ellos, porque en la generalidad de los casos no se puede prever la época precisa en la que penetrarán á regiones productivas. Definido y bien coordinado el plan que deberá seguirse, será indispensable desarrollarlo con perseverancia, para lograr sus buenos resultados con el concurso indispensable del tiempo.

En apoyo de estas aserciones podria citar ejemplos importantes de negocios mineros que han fracasado por la falta de un sistema bien meditado para el establecimiento de las obras preparatorias y de disfrute, y á la vez citaria otros que mediante esta organizacion en buena forma, y cierta perseverancia inteligente y calculada, se han salvado de la próxima y probable ruina que les amenazaba. Mas para no ser extenso, como único ejemplo citaré el muy notable de la Negociacion minera que en mayor escala ha emprendido el laborío de las minas argentíferas en la parte central del país, perteneciente á la Compañía del Real del Monte y Pachuca. El inteligente D. Juan H. Buchan, Director residente que fué de esa Negociacion, se expresa de la manera siguiente en un informe que ántes tuve ocasion de citar: [1] "Habiéndose disfrutado ya tres ricos clavos sin poder cubrir la deuda de cinco millones de pesos, y aumentadas á tal grado las dificultades, no debe sorprender que al fin se agotasen la actividad y perseverancia que habian distinguido á los empresarios ingleses desde el

1 *The Real del Monte Mining Company, Mexico. Report of the Director John H. Buchan, Esqr., March* 1855. *Appendix. Report by the Director. April, 4th,* 1852. Los párrafos trascritos se encuentran traducidos en la Memoria de Burkart sobre Real del Monte y Pachuca, *Anales de la Minería Mexicana.* México, 1861, ps. 53 y 56.

año de 1825, despues de gastos tan fuertes y de esperanzas siempre diferidas en tan largo período de tiempo.

"Llegué al Real del Monte llamado por la Direccion á mediados de 1848, para ver lo que podia hacerse, y encontré los negocios en un estado muy crítico, por las deudas y compromisos contraidos en la ciudad de México, que ascendian á una gran suma y reconocian un fuerte interes. A esto se agregaba que las minas estaban produciendo mucho ménos de lo que gastaban, y que la Compañía estaba envuelta en dos litigios difíciles y costosos. No obstante, me persuadí de que si se pudiese conseguir un corto capital para satisfacer los compromisos más urgentes, é introducir algunas reformas en las haciendas de beneficio, seria posible poner la empresa en buen estado; pero los diversos intereses de los accionistas y los tenedores de bonos de la Compañía, parecieron completar el natural desaliento de los parcioneros en Lóndres; y más bien que aventurar un nuevo capital, se disolvió la Compañía en el mes de Octubre de 1848, y yo quedé encargado por los apoderados de disponer del negocio en este país.

"No era cosa fácil, sin embargo, encontrar compradores á unas minas que habian caido en tan completo descrédito, y todavía era más difícil convencer á los capitalistas de que pudiese seguirse con provecho una empresa que con toda la actividad y el capital de una poderosa Compañia inglesa, habia hecho perder en el espacio de 23 años cinco millones de pesos, y cuyas minas, ya muy profundas y pobres, requerian para su explotacion toda la potencia de las máquinas de vapor establecidas en ellas. Por lo mismo estoy muy reconocido á mis amigos D. Manuel Escandon y D. Nicanor Béistegui, que sin ser mineros hicieron tanta confianza de mis opiniones técnicas, que en circunstancias tan desfavorables entraron en la empresa en Mayo de 1849, bajo condiciones que aunque no reembolsaban á los accionistas ingleses el capital perdido, los exoneraron al ménos de toda responsabilidad ulterior.

"Explicaré brevemente los motivos que tuve para echarme encima la responsabilidad de hacer entrar á los presentes empresarios en este vasto negocio, y para ofrecerles mejor resultado en lo sucesivo, mediante la exhibicion de un nuevo capital.

"Haciendo la debida justicia á mis antecesores, por la habilidad y perseverancia con que concibieron y ejecutaron sus planes de

explotacion, y admitiendo que es mucho más difícil proyectar tales planes que criticarlos por sus resultados, no me pude disimular que la explotacion se habia hecho hasta entónces en límites muy estrechos y con gastos de establecimiento muy excesivos; y principalmente que sin procurar con la debida eficacia hacer costeables los frutos pobres y abundantes que se tenian, ó registrar y descubrir nuevas labores en las partes altas y todavía vírgenes de las vetas, se habian dirigido todos los esfuerzas á alcanzar frutos ricos á mayor profundidad, los que, una vez descubiertos, no podian cubrir las fuertes sumas erogadas para llegar á ellos. La experiencia me habia enseñado que para asegurar el éxito de una vasta empresa de minas, como la de Real del Monte, deben cubrirse los costos corrientes para explotarla con la extraccion y beneficio de los metales pobres pero abundantes que se encuentran en las vetas; de modo que los clavos ricos que se presenten siguiendo un plan sistemático y regular de explotacion, se alcancen sin esfuerzos ni gastos especiales y puedan así dar una buena utilidad. Tambien era claro que siendo ciertos gastos, como los generales, los del desagüe, alimentos de los dueños, etc., inevitables y poco más ó ménos constantes sea cual fuere la escala en que se emprenda la explotacion, debia procurarse mayor utilidad de los metales pobres para hacer frente á aquellos gastos, y por último, que para el buen éxito era muy importante un sistema perfecto de economías en los diversos ramos de la empresa.

"Para llevar adelante este plan se comenzó por arreglar la contabilidad de tal modo que pudiesen verse claramente los resultados semanarios de cada mina y de cada hacienda, y compararse fácilmente entre sí las economías de cada ramo de la explotacion. Con el objeto de disminuir los fuertes gastos de desagüe, se abandonaron para una época más bonancible las labores más profundas de la veta *Vizcaina*, y con sólo la máquina poderosa del Tiro de *Dolores*, se mantuvo el agua á 130 yardas ó 140 varas debajo del socavon [de Moran]; al mismo tiempo se hizo aumentar la extraccion de los metales pobres que existian en grandes cantidades arriba de aquel nivel en los ramales del Norte y del Sur de *Santa Brígida* y *Santa Inés*, y se facilitó estableciendo tiros y pozos auxiliares, tornos, caminos de fierro subterráneos, patios de quebradero, etc."

Sobre el notable socavon del Aviadero comenzado en 1739 por D. Pedro Romero de Terreros [despues primer Conde de Regla] y socios, y avanzado 1,200 varas en los nueve años siguientes, se expresa el Sr. Buchan del modo siguiente: "Es cierto que la gran longitud del socavon de 4,500 yardas desde su boca hasta el Tiro de Dolores, y el tener que atravesar en su mayor parte roca muy dura, hacia esta empresa costosa y dilatada; pero si la Compañía inglesa lo hubiera seguido con actividad y sin interrupcion, aplicándole solamente las sumas que invirtió en el establecimiento de máquinas de vapor de más potencia, hace tiempo que la obra hubiera llegado á la veta, y sin duda hubiera dado otro giro á los negocios de la Compañía.

"Cuando se volvió á emprender el trabajo de las minas en 1825, los *planes* más profundos estaban solamente á 108 varas debajo del socavon viejo, de modo que el nuevo hubiera desaguado todos los labrados, y hubiera permitido ahondarlos debajo de aquel nivel, como lo hizo el Conde de Regla con el primer socavon, contándose además con las ventajas de las máquinas de vapor sobre los malacates de caballos para hacer el desagüe. Pero desgraciadamente se prefirió el método que se creyó más rápido, de profundizar las minas á fuerza de poderosas máquinas de vapor, al más lento, pero más seguro, de avanzar el socavon hasta comunicarlo, habiendo estado tan descuidada esta obra en el espacio de los últimos veinticinco años, que todavía le faltan sobre 3,000 yardas para cortar la veta *Vizcaina*.

"El plan de trabajos actual, para asegurar ante todo la estabilidad de la Compañía, consiste en aprovechar y beneficiar con utilidad los metales pobres que se hayan descubierto merced á la máquina de vapor que está andando, registrando á la vez en los pisos superiores los macizos extremos y vírgenes de la veta *Vizcaina;* pero tambien es de la mayor importancia no descuidar la gran obra del socavon, que además de desaguar todo el distrito hasta la profundidad de 300 yardas, y de descubrir probablemente frutos de importancia en algunas de las muchas vetas que tiene que atravesar, formará una nueva época en la explotacion de las profundas minas de la veta *Vizcaina*, reduciendo cuando se comunique con ellas, la profundidad del desagüe de doscientas cuarenta á ciento diez yardas, y haciendo otra vez costeables, por con-

siguiente, las labores que se abandonaron en buenos frutos en los planes de *Terreros* y de *Dolores*."

Es público y notorio que siguiendo los prudentes y previsores planes del Sr. Buchan, cuyo desarrollo pormenoriza en su interesante informe, los negocios de la actual Compañía de Real del Monte y Pachuca, sucesora de la inglesa, tuvieron un desenlace verdaderamente lisonjero. Además de las justas observaciones que presentan los párrafos trascritos relativos á la explotacion; observaciones aplicables á todos los negocios mineros de la misma naturaleza, llama la atencion sobre la necesidad de establecer convenientemente la contabilidad, con el fin de juzgar claramente de los resultados económicos de cada ramo de la explotacion. Asunto es este de marcadísimo interes, supuesto que en definitiva, el bajo costo de la produccion es el que decide sobre los resultados administrativos de la empresa.

Notaré de paso, que la Compañía inglesa de Real del Monte y Pachuca, cometió tan graves errores económicos como las compañías de la misma nacionalidad aviadoras de las minas guanajuatenses; habiendo fracasado estas y casi todas las que vinieron á trabajar minas al país, despues de nuestra emancipacion política, con pérdidas de no poca consideracion. Al retirarse estas compañías fatigadas bajo el peso de sus malos resultados, las empresas mexicanas que les sucedieron, lograron casi desde luego nivelar gastos y productos, y poco despues obtener utilidades líquidas.

Tilmann es marcadamente explícito sobre este punto como puede advertirse por los renglones siguientes, relativos á las diversas compañías extranjeras aviadoras de las minas argentíferas mexicanas, en la época á la cual acabo de referirme: [1] "No puedo comprender cómo las compañías inglesas y la alemana pudieron perder sus millones en pocos años. Culpa no fué de las minas sobre las cuales establecieron sus empresas, supuesto que han dado la mayor parte posteriormente buenos resultados bajo condiciones mucho ménos favorables [por ejemplo la Sociedad de Eberfeld en Angangueo]. Desgraciadamente en aquella época existían en Europa opiniones muy curiosas, tales como que en México, en donde hasta los españoles habian ganado millones, encontrarian los mine-

1 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahren*, etc., varias veces citado, pág. 32.

ros alemanes é ingleses la plata nativa en masas. Se emprendieron en todas partes trabajos de mucho costo y con mucho empeño, y cuando los directores poco á poco se convencieron de que la plata y el oro nativo se encuentran rara vez, y de que en las cordilleras mexicanas, lejos de toda civilizacion y sin maquinaria, no era fácil consolidar la explotacion, sino que por el contrario habia que limitarse con toda energía y prevision á uno ú otro sitio, por desgracia ya habian bajado los fondos de las compañías, y no era posible ejecutar las obras reconocidas como útiles. Varias de las minas quedaron por cuenta exclusiva de los empleados de dichas Compañías, quienes con la experiencia adquirida á costa de estas, las explotaron despues racionalmente con buenos resultados. En semejantes distritos, como por ejemplo en Angangueo, en donde alemanes siguen trabajando, se ha desarrollado con éxito y buen sistema la explotacion de las minas."

Es justo pues, concluir en vista de estos acontecimientos repetidos en diversas comarcas, que esas poderosas compañías, sin embargo de sus cuantiosos fondos y de los años de trabajo, fracasaron casi todas por la falta de buena administracion científica y económica. Severa es esta leccion histórica, y ella pone bien de manifiesto, que las minas requieren como toda empresa industrial, además del capital necesario, una entendida y muy previsora direccion, cuya benéfica influencia deja reconocerse principalmente en las épocas de pobreza de las minas.

Observando en conjunto las operaciones más importantes de los laboríos guanajuatenses, me ha parecido reconocer en ellos un número menor de obras de *especulacion* ó de *descubrimiento* relativamente, que en las minas de Zacatecas. En estas se procura multiplicar cuanto es posible las exploraciones, aun á veces á costa de desembolsos, y debido á este sistema seguido hace algunos años con constancia, han podido esos laboríos sostener sus productos atravesando por períodos en los que la ley docimástica media en plata, apénas si ha excedido de 3 marcos por tonelada mexicana

Respecto de la administracion meramente económica, diré cuatro palabras. En Guanajuato, como en casi todos nuestros distritos de minas, se encuentra atendida con eficacia, esmerándose en efectuar las compras de efectos bajo las mejores condiciones de precio, y procurando vigilar las operaciones ejecutadas por los

trabajadores por medio de dependientes ó empleados dedicados á este objeto. Sobre estas operaciones de rutina, se ha desplegado de años atrás en las minas un cuidado constante y por tanto elogiable.

En la actualidad las principales empresas mineras, como Valenciana, Cata y la Concordia, procuran abastecerse oportunamente de los efectos de consumo, aprovechando las oportunidades para lograr tipos favorables en los precios, sobre la clase conveniente de los artículos. Las empresas de segundo y tercer órden, que con frecuencia carecen de las reservas de dinero necesarias para abastecerse convenientemente, se encuentran si no obligadas á vivir al dia, lo cual es deplorable, al ménos á tener en almacen pequeños acopios. Es bien sabido en el país, que un prudente surtido de efectos de notable consumo en una negociacion minera, es motivo de una economía pecuniaria no escasa en el curso de un año.

"Las memorias de las minas, dice Tilmann, se cierran los sábados, y en ellas se incluyen todos los salarios, sueldos, etc., que es costumbre pagar semanariamente, y además de la lista de pagos hechos, se incluyen los gastos generales, sueldos, gastos del desagüe, etc., (los frutos entregados á los buscones no se toman en consideracion). Asentado el valor de la produccion registrada, y deducido de éste el importe de la memoria, se obtiene la utilidad ó la pérdida de la semana; pero no se toman en la más mínima consideracion, planes de economía, cuentas de amortizaciones y cálculos de gastos propios detallados." Más adelante continúa así: "Desde el tiempo de los españoles hasta ahora, el trabajo en las minas es enteramente libre: á nadie se forza para trabajar en ellas: cada cual, á juicio de los empleados, puede ser admitido ó retirado del trabajo, ó tambien el operario puede abandonarlo espontáneamente. Sociedades de socorros, caja para enfermos ú otras instituciones por el estilo no existen." [1]

La administracion económica de la minas argentíferas mexicanas, estuvo, desde el nacimiento de esta industria, en poder de personas ajenas á los conocimientos científicos especiales del ramo, por consiguiente se estableció por siglos en procedimientos de ru-

1 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahren*, etc., pág. 37 y 39.

tina empírica. No hace muchos años que los personages versados en el giro de las minas, por ejercicio los unos, y acaudalados los otros, con ingerencia directiva en las negociaciones mineras, escuchaban con repugnancia bien acentuada cualquiera iniciativa de innovacion en los trabajos. De aquí es que esta industria, sin embargo de las franquicias consiguientes á la emancipacion política de México, permaneció por largos años estacionaria en sus antiguos procedimientos. Los fracasos de las compañías europeas aviadoras de nuestras minas de 1825 en adelante, que en parte quebrantaron esas rutinas, no fueron escaso motivo para confirmar en sus teorías á esos mineros tradicionales.

En unas épocas como las del siglo pasado, en las que el giro no era bien conocido por los mismos que lo tenian en sus manos; épocas en las que se creia firmemente que el porvenir de una mina consistia en las probabilidades de que diera una bonanza, cuyos productos se sacaban rapiñando la veta en la mayor escala posible, pasada la cual, era preciso resignarse á cruzar con paciencia un período de escasez y pobreza, miéntras aparecía de nuevo otra bonanza, que se disfrutaba con la misma rapiña que la anterior: eran estas épocas por consiguiente, de marcha triunfal intermitente en medio de las riquezas producidas por una mina, que solía tener algun rival en la opulencia de otra, en un distrito tan justamente célebre como Guanajuato; por tanto, no es de extrañar que al declinar semejantes épocas de ofuscacion para estudiar esta industria, se encontrara abierto anchuroso campo para establecer teorías bien ajenas á un giro, que cuando camina por períodos afortunados, los mayores desaciertos administrativos pasan sin advertirse; pero que, cuando se llega á otro largo de profunda escasez, es preciso buscar arbitrios económicos desconocidos en mejores tiempos para salvar una situacion económica de crísis tirante y difícil.

Tilmann sobre este punto emite su juicio de la manera siguiente: "Difícilmente se comprende por qué en Guanajuato faltó el empeño para mejorar la explotacion y el desagüe. Las minas producian cuantiosos sobrantes ¿para qué molestarse en proyectar mejoras? No se economizaban los gastos, segun lo prueban las lujosas construcciones en parte sin objeto. Mas para perfeccionar la explotacion se requerian á la vez tiempo, paciencia y conoci-

mientos que faltaron. La industria minera mal fundada y conducida, no pudo resistir al primer golpe que recibió en 1810, al iniciarse la guerra de la Independencia." [1]

Despues de las bonanzas guanajuatenses del siglo pasado, que parecian proceder de vetas inagotables, y tras algunos años de bien marcada decadencia, de 1810 en adelante, y posteriormente al eclipsamiento de las compañías inglesas, muchas de esas minas fueron reanimadas en sus trabajos por el activo espíritu de empresa de Don Juan de Dios Pérez Gálvez, y poco más tarde comenzó, bajo la iniciativa del mismo personaje, la célebre bonanza de la Luz, cuya conclusion coincidió con una decadencia general en casi todas las minas.

Los grandes períodos de postracion en los negocios industriales de una localidad, traen regularmente consigo crísis más ó ménos graves, que obligan forzosamente á tomar en consideracion la manera de afrontar los difíciles problemas que en tales casos se presentan: se ensayan arbitrios y se estudian nuevas combinaciones para lograr una marcha que salve las dificultades. Durante la crísis guanajuatense, la cuestion del desagüe habia sido el escollo para rehabilitar los más célebres laboríos, y al fin este vino á vencerse en 1873 por medio de los malacates de vapor; es decir, con unos elementos repugnados años atrás por los mineros tradicionales, no sin algun fundamento.

Efectivamente, Tilmann consignó la siguiente apreciacion al referirse á los trabajos de la Compañía Anglo-Mexicana: [2] "Es verdad que aquella compañía anunció la felicidad á Guanajuato con traer la primera máquina; pero ésta por su mala construccion sirvió para deshonrar á las máquinas de vapor. Hasta la fecha [1866] no se ha tenido el valor de ensayar otra mejor, y la inglesa permanece todavía como el único ejemplo de admiracion en Guanajuato."

Salvado el período de crísis de estas minas, (durante el cual se redujo el costo del beneficio notablemente), con el desalojamiento de las aguas mediante el auxilio de los malacates de vapor; al sistemar los nuevos trabajos, necesario ha sido resolver un proble-

1 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahre*, etc., pág. 36.
2 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahren* etc., pág. 32.

ma, al tratar de desarrollarlos en debida forma sobre los labrados antiguos, en lo general caprichosamente conducidos.

Implantado no obstante, un buen sistema, con el tiempo la regularidad de los nuevos laborios sustituirá á los informes comidos antiguos, y entónces los trasportes por medio de vías férreas establecidas sobre los cañones generales; los planos automotores portátiles ó fijos para el descenso espontáneo de los carros cargados de frutos, de las labores á los cañones, y en fin, su económico ascenso por los tiros, y su circulacion en el exterior sobre los caminos de hierro de la superficie, contribuirán, con las adecuadas combinaciones administrativas, para que los productos minerales resulten ménos gravados, y por consiguiente puedan con este motivo aprovecharse frutos de ley más baja.

Toda persona práctica en el trabajo de las minas sabe por experiencia, que por lo general quedan entre las *rellenas*, *retaques* ó *ataques* de los *comidos*, y en los tramos no disfrutados de las vetas, masas de mucha entidad abandonadas como estériles, en virtud de ser incosteables. Desde el momento en que la economía de las operaciones vuelve fructíferas esas masas, la situacion de las minas ha mejorado en términos de consolidar su marcha por largos años. A esto es, pues, á lo que debe aspirarse forzosamente en todos nuestros distritos argentíferos, muy especialmente en una época en que la plata sigue notablemente depreciada.

La diferencia que existe entre la explotacion de las minas guanajuatenses tal y como se practicaba en el curso del siglo pasado, y la puesta en actividad de pocos años á esta parte, consiste esencialmente en el cambio radical en la administracion científica, por medio de la cual los resultados económicos han mejorado de una manera palpable. Sin los menores costos obtenidos, las minas en la actualidad estarian en su mayor parte, como hace algunos años, si no paralizadas, al ménos en una decadencia bien acentuada, y el distrito minero marchando en lo general hácia su ruina.

Para terminar este capítulo, en el que me he ocupado á grandes rasgos de las operaciones de explotacion en Guanajuato, daré una idea de cómo se ejecuta actualmente el comercio de las masas minerales extraidas de las minas, ó repepenadas de los terreros.

Costumbre muy antigua fué en Guanajuato que los frutos de las minas, bien sea que procediesen del arranque por las paradas

rayadas, ó bien por el de los buscones, se vendiesen en subasta al mejor postor secreto. A este efecto, cada una de las minas de mayor importancia, tenia fijado su dia en la semana para realizar esta operacion, ó bien se encontraban agrupadas algunas de corta produccion á fin de efectuar su venta en determinado dia. A los compradores ó *rescatadores* se les atendia con el almuerzo por cuenta de las minas; así es que, cómodamente podian dedicar todo el dia para sus compras. Los buscones alquilaban unas especies de esteras de lechuguilla [llamadas *mantas*] para tender sus partidas de frutos, y las colocaban con arte á fin de que la masa mineral herida por los rayos del sol, presentase á la vista las muestras más voluminosas y de mejor aspecto por su contenido en plata. El comprador por su parte necesitaba estar experto para apreciar á la vista el peso de la partida y su ley. Con objeto de auxiliarse en la última apreciacion, le era permitido tomar pequeñas muestras, á fin de molerlas en forma de ensaye y examinarlas en la tentadura, practicada en una jícara delgada, semiesférica, de 16 á 18 centímetros de diámetro, charolada de negro en el interior. El polvo mineral regulado en la dósis por el rescatador, es deslamado cuidadosamente con agua por el *tentadurero*, con objeto de separar la parte ligera compuesta de las matrices, dejando aisladas en la jícara las partículas metálicas, como la pirita comun, la pirita cobriza, los compuestos argentíferos y las partículas de oro finísimas, amarillas unas veces, y otras de un color pardo rojizo. Con la destreza adquirida por la práctica, el rescatador, tomando la jícara con la mano derecha por una orilla, la golpea suavemente sobre la palma ó el dedo pulgar de la mano izquierda, y con esto, las partículas se separan conforme á sus densidades y á las diferencias de volúmen. Una ojeada cuidadosa á la tentadura, y el conocimiento local de los frutos, pone al rescatador en estado de estimar con mucha aproximacion la ley en plata y oro de la muestra sujeta á prueba.

Los rescatadores compraban por propia cuenta para beneficiar en sus haciendas, ó bien por cuenta de los dueños de éstas. Un dependiente de la mina, previsto de un gran quitasol, que á la vez servia como de insignia de la marcha del *rescate*, situado junto á la partida en venta, recibia al oido los precios de los rescatadores, y cuando todos habian concluido de dar el suyo, entónces en voz

alta, por sí, ó por medio de un pregonero, [*griton* del rescate] publicaba el nombre de quien habia ofrecido el mayor precio, y la cantidad por la cual se adjudicaba la partida. En el acto se tomaba razon por escrito, á fin de cobrar al rescatador al siguiente ó á los pocos dias el importe, y éste por su parte, en el acto tomaba posesion del lote adquirido para encostalarlo y reunirlo al conjunto de sus compras, á fin de disponer el todo para remitirlo á la hacienda.

Sin embargo de que este sistema ha decaido bastante, se hacen todavía ventas de frutos que suelen ser de importancia, y aún existe un grupo de rescatadores dispuestos á acudir á donde sea necesario.

Durante las bonanzas de las minas, se labraban fácilmente fortunas con este sistema. A su desarrollo se debió que al disfrutarse los ricos clavos, los mineros recibiesen en dinero contante y á corto plazo el importe de los frutos extraidos. He dicho anteriormente, que si las labores de Valenciana en el último tercio del siglo pasado pudieron marchar con rapidez tan luego como se hicieron productivas, se debió á la realizacion inmediata de todos los frutos extraidos, cuyo importe sirvió para formar la despues repleta caja de Don Antonio de Obregon y Alcocer, exhausta del todo al comenzar la célebre bonanza.

En compensacion de estas ventajas, las minas han perdido con este sistema una parte no escasa de sus utilidades, que pasaron á manos de los hacenderos. Algunos de estos han llegado á arruinarse con el rescate, y entónces su fortuna pasó á manos de los mineros; pero lo general es que en este movimiento los rescatadores ó sus representados sean los que habitualmente logren la ganancia.

Ejecutándose la venta de los frutos en los rescates, casi no se usaba del ensaye docimástico en las minas ántes de la decadencia de la bonanza de la Luz, y su aplicacion estaba limitada en las haciendas de beneficio para marcar el contenido de plata de las tortas; pero al presentarse la decadencia general de las minas los mineros comenzaron á acudir al ensaye. "En 1857, dice Tilmann, el Señor Brockmann tomó la direccion general de las minas de la Casa de Pérez Gálvez, y estableció desde luego oficinas de ensaye lo más completas posible, á fin de anotar cuidadosamente el

contenido de plata de los frutos pertenecientes á todas las minas." Más adelante agrega: "Con la introduccion del ensaye se conoció el valor de los minerales, que anteriormente se arrojaban al terrero ó no se extraian: se encontraron frutos costeables en algunas labores viejas, y se descubrieron tierras aprovechables actualmente en las minas antiguas. Poco ántes de mi salida de Guanajuato, á principios de este año (1866), se encontraron frutos en Valenciana á poca profundidad, en las labores viejas, de los cuales tengo muestras, examinadas sin éxito multitud de veces. Aparece en ellos la pirita de color claro; pero ni aun el más experto mineralogista descubriria plata á primera vista en la matriz, y tampoco la jícara dejaria conocer la ley; sin embargo, el ensaye docimástico produjo, con grata sorpresa de los empleados, de $22,_{6}$ á $24,_{56}$ por ciento de plata, ó sean $1461,_{27}$ y $1571,_{27}$ marcos por monton. En Diciembre del año pasado hizo ensayar el Administrador de Valenciana, unas tierras arrojadas al terrero desechadas por los buscones, y descubrió en ellas una ley de 5 á 9 marcos por monton. Si estos casos ocurren actualmente, cuando las minas se encuentran relativamente pobres, no es, pues, de extrañar que en otras épocas de frutos ricos quedaran sin tocar masas minerales reputadas como incosteables. En Setiembre del año pasado se descubrió en la mina de Cata un tramo de frutos negros *pizarrosos*, [ó sea impregnados de esquista] que en la jícara mostraban pocas señales de plata, y no obstante, dieron en el ensaye 12 marcos. Semejantes casos se repiten diariamente." [1]

La aplicacion general del ensaye en las minas para reconocer el valor de los frutos, dió márgen á las transaciones de venta llamadas "compras á la ley," basadas sobre el peso de los lotes minerales y sobre su contenido en metales preciosos. Dichos lotes se sujetan al *granceo*, se revuelven lo mejor posible repetidas veces [á lo cual llaman *traspalear:* el verbo castellano es traspalar] y despues con esmero, á la vista del vendedor y de un dependiente de la hacienda, en representacion de ésta, como compradora, se saca una porcion que sirve de ejemplar para de él tomar en la forma conveniente la muestra de ensaye, que se divide en dos fracciones, una para cada parte contratante, y solamente en caso de

1 *Der Bergbau und das Amalgamations.—Verfahren*, etc., págs. 37, 38 y 39.

una fuerte diferencia en la ley, fuera de la pactada para tomar un promedio, se tiene que volver á tomar de la partida otro ensaye para repetirlo por ambas partes. El esmero á la vez que la rapidez para tomar las muestras de ensaye, son verdaderamente elogiables.

Esta manera de comprar y de vender masas minerales, es ciertamente muy racional y equitativa, y con más ó menos variantes en los accesorios, es la usada en los grandes mercados minerales de Europa y Estados Unidos.

Los ensayos docimásticos se ejecutan en Guanajuato con esmero, por profesores facultativos aptos y celosos de su reputacion. El procedimiento usado muy generalmente es el de fusion, tomando como peso de prueba 16 gramos de polvo mineral, con el fin de apreciar primero la plata, y despues separar esta por solucion para obtener la dósis de oro. Generalmente en los contratos para la venta de frutos, se estipulan, entre otras, las condiciones relativas á los ensayes. Si la diferencia en la ley de plata obtenida por cada parte no excede del 5 por ciento de la acusada para cada monton de 32 quintales, entónces, segun lo que se pacta regularmente, se toma el promedio de los dos resultados discrepantes, y este será la ley para la liquidacion. En cuanto al oro, se sigue la antigua costumbre de apreciarlo relativamente á la plata, en granos, de los cuales 4,800 forman un marco; pero habiendo observado el finado inteligente y laborioso Ingeniero de Minas Don Mariano Glennie, que la apreciacion del oro sobre un solo boton de plata resultaba feble, probablemente por la pérdida mecánica en la separacion del metal amarillo muy finamente dividido, hoy es costumbre pactar que la estimacion docimástica de éste se realice al ménos sobre dos botones de plata, procedentes cada uno de un ensaye, ó sea la estimacion sobre un total al ménos de 32 gramos de polvo mineral. [1]

Del acuerdo por ambas partes contratantes en el peso y en las leyes de plata y oro, resulta la liquidacion, ó sea lo que en dinero contante deberá pagar el comprador al vendedor del lote mineral.

1 Sobre el procedimiento usado en Guanajuato para ejecutar los ensayes docimásticos, véase un artículo del citado Don Mariano Glennie en el opúsculo de Don Miguel Rul "*Asuntos Mineros*".—México 1881, pág. 45, y en el *Minero Mexicano*, tomo VIII, pág. 463.

El laborioso Ingeniero Don Ponciano Aguilar, encargado en 1883 por la Junta de Minería de Guanajuato, de formar la Estadística Minera de la comarca, como una adicion á ese interesante trabajo que fué publicado [1] y que ahora reproduzco á falta de otro cuadro semejante de fecha más reciente, se sirvió comunicarme en principios de 1884, la siguiente nota: "Las 20,522 cargas (de á 14 arrobas) que forman la produccion real semanaria, teniendo en cuenta la molienda total de mineral en las haciendas de beneficio, valieron $ 40,428 34 cs: suma pagada por los beneficiadores á los mineros, como importe correspondiente á la ley media de $4\frac{72}{100}$ marcos, con 27 granos de oro. Este importe, refiriéndose á una carga, se calcula de la manera siguiente:

*Valor de la plata* en una carga con ley de $4\frac{72}{100}$ marcos por monton de 32 qq.
Descuento que hace el beneficiador al minero por importe de maquila..... $2\frac{25}{100}$ ,, ,, ,,

Restan..... $2\frac{47}{100}$ marcos por monton.

$2\frac{47}{100}$ á $ 0 75 produce el valor de la plata por carga [de 14 @] $ 1,86.

*Valor del oro* en $4\frac{72}{100}$ marcos, con 27 granos.
Descuento por apartado [2] ..... 10 ,,

Restan..... 17 granos.

"Número de granos pagados en un monton, $4\frac{72}{100} \times 17 = 80$ granos, que á $ 1,25 el ciento, valen $ 1,00: corresponden por consiguiente á una carga, $ 0,11 por precio del oro, y por precio total $ 1,97.

"Los productos de plata y oro de las 20,522 cargas han sido, con una pérdida en el beneficio de 8 por ciento en la plata y 66 por ciento en el oro:

1 En la *Reseña de los trabajos de la Sociedad Mexicana de Minería, leida el 5 de Febrero de* 1884, *por el Ingeniero Manuel María Contreras, primer Secretario de la Junta Directiva.*—México 1884, en un estado anexo.

2 *Apartado* es la operacion que se ejecuta para separar el oro de la plata que lo contiene.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Plata $2,242\frac{5}{100}$ kilógramos, á | $ 39,109 | $ 87,682 | 57 |
| Oro.....$4\frac{663}{1000}$ ,, ,, | 643,529 | ,, 3,000 | 72 |
| Total..... | | $ 90,683 | 29 |
| Descontando la suma pagada á las minas. | | $ 40,428 | 34 |
| Quedan como valor de maquila, fletes é impuestos directos especificados en el Estado..... | | $ 50,254 | 95 |

El tipo de peso para los frutos es, en las haciendas de beneficio, el monton de 32 quintales, y por consiguiente á este se refiere la ley docimástica; pero en las minas, siendo la unidad de 14 arrobas, se hace indispensable, para establecer las liquidaciones, referirlas á este peso. La plata contenida en una carga, correspondiente á un marco por monton, pagada á $ 0,75, es lo mismo que estimar el valor líquido del marco de plata en $ $6\frac{857}{1000}$ (ó sea por kilógramo á $ $29\frac{797}{1000}$) y el oro á $ 1,25 el ciento de granos, resulta pagado á $ 60 el marco [ó sea á $ $260\frac{73}{100}$ el kilógramo]. El beneficiador para resarcirse de las pérdidas en el tratamiento y de los derechos fiscales, castiga el valor de la plata que compra, en $23\frac{8}{10}$ por ciento, y el del oro en casi $59\frac{1}{2}$.

De tal manera se encuentra hoy extendido este sistema de venta de frutos en Guanajuato, que aun las haciendas pertenecientes á negociaciones mineras, reciben las masas minerales por peso y ley, efectuando entre sí liquidaciones minas y haciendas, como si fueran del todo independientes. Cualquier buscon ó particular puede acudir como vendedor á una hacienda, en la cual será recibido su lote para ser pesado y ensayado.

La Compañía co-aviadora de Valenciana, y la "Concordia" organizada para el co-avío de Rayas y Mellado reunidas, presupone cada una de ellas un sistema de compra semejante, supuesto que cada accionista recibe del producto total de toda la explotacion, una cantidad de masa mineral, en justa proporcion con su participio en la Compañía co-aviadora, abonándosele en ley por monton, como maquila, una cantidad un poco mayor que la comun y corriente, y pagando dicho accionista el excedente de plata y la ley de oro conforme á la costumbre vigente ya descrita.

Los fletes de los frutos de las minas á las haciendas, son paga-

deros segun los contratos, unas veces por las haciendas, otras por las minas, y otras por cuenta de ambas; pero cuando se trata de pequeños lotes, es costumbre que el vendedor los sitúe en la hacienda, y pueda presenciar el granceo previo para tomar el ejemplar de ensaye.

Probablemente lo seco de nuestros climas y la buena fe guardada en las operaciones de venta de frutos, hace que casi nunca se tome en cuenta la humedad que pueda tener la masa mineral, como invariablemente se ejecuta en Europa y Estados Unidos. En este último país, este descuento, justo cuando es exacto, sirve á veces para cometer abusos en detrimento del vendedor.

Las minas que distribuyen la carga mineral á sus accionistas, necesitan dividirla en especie con los buscones, y estos por su parte quedan en libertad de vender sus lotes, sea á las minas mismas de donde proceden los frutos ó sea á las haciendas.

El sistema pues, de rescates, ó sean subastas públicas para la venta de las masas minerales, á su salida de las minas, de un uso generalizado antiguamente en Guanajuato, ha declinado en el curso de los años, y si bien se le sustituyó en parte en algunas empresas mineras, como en la de Valenciana, de fines del siglo pasado á principios del presente, con la adquisicion por parte de los dueños de la mina, de haciendas á las que se remitia la carga para su beneficio á maquila; pero en la actualidad el sistema de uso preponderante, es indudablemente el más equitativo de las ventas á la ley. Ha cesado con éste la espectativa de crecidas ganancias que solian obtener los rescatadores; pero en compensacion han desaparecido los riesgos más ó ménos remotos que existian de ejecutar compras que originaran pérdidas. Hoy la ganancia está limitada pero definida, y por consiguiente la cuestion ha pasado á ser industrial enteramente. Las haciendas compran en cada lote determinada cantidad de marcos de plata y de granos de oro, que se hace preciso extraer con la mayor perfeccion y economía posibles.

Escaso es aún el número de nuestros distritos mineros en el que el comercio de las masas minerales auro-argentíferas, se encuentre generalizado y regularizado en los términos de exactitud que en Guanajuato. Por lo demas, si la explotacion de sus minas, célebres por su produccion en plata, fué por siglos muy imperfecta y dis-

pendiosa, como en la mayor parte de nuestros distritos argentíferos, las mejoras introducidas en el trabajo en el período trascurrido de la segunda mitad del siglo actual, han sido lentas, es verdad, pero bien estudiadas, gracias á la inteligente iniciativa científicas de algunas personas cuyos trabajos he mencionado, para adoptarlas sin riesgo de fracasar, y con la seguridad de obtener ventajas económicas. Quedan todavía no pocas mejoras por introducir en el laborío de las minas guanajuatenses, para que la explotacion alcance resultados de economía notables, comparados con los de las minas de otros distritos, que no es de dudar se lograrán bajo la prudente iniciativa de los hábiles ingenieros formados en esa escuela de concienzudo trabajo científico.

Por vía de apéndice, tratándose en este capítulo de un asunto tan interesante como los socavones, he creido oportuno agregar á lo expuesto sobre la materia, un bosquejo con la situacion exacta de los puntos en él marcados, procedente de operaciones trigonométricas practicadas por el laborioso Ingeniero Don Ponciano Aguilar, á cuya amabilidad debo el expresado bosquejo. Sobre este, he trazado líneas rojas que indican la direccion de las regiones mineras guanajuatenses más exploradas, y la aproximada de un socavon susceptible de proyectarse.

A la primera ojeada se reconoce lo ventajoso que seria para las principales minas de la Veta Madre de Guanajuato, y para las de la Luz, la apertura de un socavon que, partiendo de algun punto adecuado en la llanura de Silao, se dirigiera próximamente de crucero á la gran veta. Cortaria en su trayecto las vetas de la Luz, á profundidades no escasas, y seria verdaderamente una obra general de reconocimiento en el alto de toda la region cruzada por los más célebres criaderos guanajuatenses, y si algun dia pudiera prolongarse hasta alcanzar una longitud total de 22 kilómetros [ó sea un poco ménos que el socavón más profundo del Hartz, llamado *Ernst-August stollen*] entónces cortaria las demas vetas hasta llegar á las de Villalpando y de Santa Rosa.

Los resultados de semejante túnel serian verdaderamente notables en el órden económico; pero su ejecucion únicamente podria emprenderse con la cooperacion de todas las empresas mineras susceptibles de aprovecharse de esta obra.

Situado Silao á 1,758 metros de elevacion absoluta, dista en lí-

nea recta del Tiro General de Valenciana, unos 20 kilómetros. Explorando cuidadosamente la llanura, estimo como muy probable encontrar un sitio al Noreste de Silao, cuya altura absoluta sea de 1,800 metros, y su distancia para cortar el alto de la Veta Madre, 15 kilómetros. Bajo de estas condiciones, el piso de la desembocadura de este supuesto socavon, quedaria á 398 metros bajo del brocal del Tiro General de Valenciana, 300 bajo el de Cata y 322 bajo el de Rayas. Tal vez no sea aún la época oportuna de emprender una obra de semejante magnitud, que requiere la todavía difícil asociacion en el país de numerosas compañías mineras para realzarla; pero no será fuera del caso presentar un resúmen de las elevaciones absolutas de las principales obras mineras existentes en Guanajuato, á fin de que se juzgue de las ventajas que en profundidad obtendria la obra propuesta en las diversas minas citadas.

De los sitios más deprimidos situados sobre las llanuras cuaternarias de "El Bajio," como son Salamanca con 1,701 metros de altura absoluta, Irapuato con 1,722, Silao con 1,758 y Leon con 1,788, el más próximo á las minas es sin duda Silao.

El siguiente cuadro de elevaciones absolutas me fué comunicado por mi inteligente amigo el Ingeniero Don Ponciano Aguilar, con excepcion de las marcadas con un asterisco [*] que he determinado yo mismo con el auxilio del barómetro.

### Alturas absolutas en la region minera de la Luz.

*Partiendo del Sureste hácia el Noroeste.*

| | Metros. |
|---|---|
| Socavon de San Cayetano, de las Adjuntas ó de Ovejera | 2025,5 |
| Tiro de Buenos Aires | 2182,0 |
| Bocamina de Buenos Aires | 2263,5 |
| Tiro de San Agustin de Ovejera | 2235,0 |
| ,, de San Cayetano | 2219,5 |
| Bocamina de San Cayetano | 2221,0 |
| ,, del Diamante | 2230,0 |
| ,, de Mexiamora | 2288,0 |
| Tirito Azul | 2300,0 |
| Tiro de San Cárlos de Mexiamora | 2310,0 |
| ,, de San Pedro Gilmonene | 2329,0 |

| | Metros. |
|---|---|
| Tiro del Rosario | 2303,5 |
| ,, de Purísima | 2275,0 |
| ,, General de San Ignacio | 2320,0 |
| ,, del Santo Niño | 2376,0 |
| Bocamina de Sangre de Cristo | 2389,0 |
| Tiro de San Antonio, de Sangre de Cristo | 2383,5 |
| ,, de San Lúcas | 2388,0 |
| Bocamina de Jesús María | 2403,3 |
| Tiro de San Ignacio de Jesús María | 2412,0 |
| ,, de Santa María de ,, ,, | 2395,0 |
| Tiro de San Hipólito, de Los Locos | 2417,3 |
| Bocamina de Los Locos | 2406,5 |
| Tiro de la Trinidad | 2400,0 |
| ,, de San Vicente | 2387,0 |
| ,, del Refugio | 2355,0 |
| ,, de San Juan de los Lagos | 2334,0 |
| ,, de Santa Clara | 2365,0 |
| ,, de San Juan Nepomuceno | 2337,5 |
| Bocamina de San José de los Muchachos | 2366,0 |
| Tiro de Santa Lucía | 2319,5 |
| ,, de San Ignacio | 2342,0 |
| ,, de San Miguel | 2298,0 |
| ,, de Arcángeles | 2273,0 |
| ,, de la Asuncion de la Navarra | 2290,8 |
| ,, de Ave María, moderno abierto por Don Ignacio Rocha | 2296,5 |
| ,, de Ave María, antiguo | 2264,5 |
| ,, de San Juan de Dios | 2303,0 |
| Bocamina de la Luz | 2265,0 |
| Tirito de San Miguel | 2265,0 |
| Boca de la Mina de la Cruz | 2214,0 |
| Tiro de San Cristóbal | 2261,0 |
| Bocamina de Santa Bárbara | 2211,5 |
| Tiro de San Rafael | 2178,0 |
| Tirito de la Mina de San Bernabé | 2166,5 |
| Socavon de San Bernabé | 2080,0 |
| Tiro de San Agustin | 2087,0 |
| Tiro de Bolañitos para la veta del Rosario ó Melladito | 2195,0 |
| ,, de San Ramon de la Mina de Melladito | 2175,6 |
| ,, del Puertecito para la veta de este nombre | 2165,0 |
| Un poco al Sureste de esta region se encuentran los socavones de la Iberia y de Guadalupe de la Higuera, ambos muy próximos, situados en el Arroyo de Santa Ana. El segundo tiene por elevacion [como el Atrio parroquial] | 1991,3 |

## Alturas absolutas en la region minera de la Veta Madre.

*Partiendo del Sureste hácia el Noroeste.*

| | Metros. |
|---|---|
| Socavon Dopirk ó de Cornadó [1] | 2118,0 |
| Bocamina de Dopirk [1] | 2152,0 |
| ,, de la Constancia [1] | 2152,0 |
| Socavon de Cardonis [1] | 2179,0 |
| Tiro de Cardonis [1] | 2240,0 |
| Bocamina de la Purísima, cerca del Cedro | 2232,3 |
| Tiro del Cedro y bocamina nueva al mismo nivel | 2258,3 |
| Id. de Moreno | 2252,5 |
| Bocamina de San Mauro | 2276,8 |
| Id. de San Rafael | 2244,9 |
| Crestón de la Vota Madre, cerca de la bocamina de San Rafael | 2254,0 |
| Socavon cerca de la misma bocamina | 2240,0 |
| Tiro de San Rafael | 2246,7 |
| Creston de la Veta Madre | 2255,0 |
| Tiro del Tesoro | 2252,2 |
| Bocamina del Patrocinio | 2252,0 |
| Tiro del Francés | 2255,0 |
| Creston de la Veta Madre en el Arroyo | 2250,8 |
| Tiro de San Juan | 2270,1 |
| Bocamina de San Matías | 2257,3 |
| Tiro de San José ó antiguo Tiro General de San Bruno | 2296,1 |
| Cumbre del Cerro del Trompetero | 2423,6 |
| Antigua Mina de Belgrado | 2391,8 |
| Socavon del Patolito | 2145,2 |
| Id. de Sirena | 2060,8 |
| Tiro General de San Miguel, de Sirena | 2202,7 |
| Tiro de San Pedrito y de la antigua bocamina de Sirena | 2156,0 |
| Tiro de Buenos Aires de Sirena | 2151,0 |
| Socavon de Peñafiel | 2159,9 |
| Bocamina de Peñafiel | 2251,6 |
| Bocamina del Cármen | 2285,4 |
| Tiro del Sol | 2305,0 |
| Creston de la Veta Madre cerca de la Mina del Sol | 2298,7 |
| Bocamina de la Perulera | 2252,3 |

1 Proceden estas alturas de los datos que tomé de un perfil parcial que me facilitó el jóven Don Francisco Cornadó.

| | Metros. |
|---|---|
| Bocamina de la Aparecida | 2212,3 |
| Tiro de la Aparecida | 2154,8 |
| Tiro de la Trinidad | 2136,8 |
| Antigua bocamina de Promontorio | 2128,4 |
| Tiro de San Cárlos de Promontorio | 2116,5 |
| Bocamina de Cabrera | 2116,5 |
| Id. de San Vicente | 2182,4 |
| Antigua bocamina de Rayas | 2096,0 |
| Socavon y actual bocamina de Rayas | 2038,0 |
| Tiro de San Miguel de Rayas | 2113,0 |
| Id. de Santa Rosa, el más antiguo de Rayas | 2090,7 |
| Id. de San Antonio ó Tiro General de Rayas | 2121,8 |
| Id. de Fraustros, perteneciente á la Mina de Mellado | 2122,5 |
| Bocamina de Mellado | 2097,0 |
| Tiro de San José ó Tiro antiguo de Mellado | 2163,5 |
| Id. de San Miguel ó Tiro Nuevo de Mellado | 2100,0 |
| Bocamina de Cinco Señores | 2130,0 |
| Tiro de Sechó | 2051,0 |
| Id. de San Lorenzo | 2070,5 |
| Bocamina de San Lorenzo | 2062,5 |
| Tiro General de Cata | 2100,5 |
| Id. Viejo de Cata | 2070,0 |
| Bocamina de Cata | 2061,3 |
| Tiro de Remedios | 2094,3 |
| Id. de Maravillas | 2088,3 |
| Id. de No Pensada | 2113,5 |
| Id. de Erizos | 2144,5 |
| Id. de Tepeyac | 2195,0 |
| Bocamina de Tepeyac | 2157,0 |
| Id. de San Cayetano ó sea la de Valenciana al Sureste | 2198,0 |
| Tiro General de San José, perteneciente á Valenciana | 2198,0 |
| Id. de San Antonio, de Valenciana | 2202,5 |
| Bocamina de Valenciana al Noroeste | 2197,0 |
| Tiro del Santo Cristo, de Valenciana | 2263,8 |
| Id. de Guadalupe, de Valenciana | 2238,0 |
| Id. de la Encarnacion | 2273,0 |
| Id. de la Esperanza | 2272,5 |
| Id. de Alisos | 2238,5 |
| Desembocadura del "Túnel Glennie" en la Cañada de Españita, del lado de Valenciana, para dar paso al agua derivada de la Cañada de Esperanza | 2215,7 |
| Socavon de Cantabria | 2220,0 |

| | Metros. |
|---|---|
| Tiro de Santa Gertrudis | 2331,5 |
| Id. de la Trinidad, de Calera | 2243,0 |
| Id. de San Juan, de Calera | 2238,0 |
| Id. de Providencia de la Cebada | 2239,5 |
| Bocamina de Providencia de la Cebada | 2233,5 |

---

## Region minera de Villalpando y el Nayal.

*Partiendo del Sureste hácia el Noroeste.*

| | |
|---|---|
| Socavon bocamina y Tiro de la Trinidad de la Mina del Santo Niño del Nayal | 2291,5* |
| Socavon de la Doctora perteneciente á la Mina de Villalpando | 2332,0* |
| Socavon del Tajo de Dolores | 2321,0* |
| Id. de la Loca | 2362,0* |
| Id. de San Rafael y Tiro de San Lorenzo pertenecientes á la Mina de Villalpando | 2449,0* |
| Tiro de la Cruz perteneciente á la Mina de la Soledad | 2489,0* |
| El Cubo, pequeña poblacion un poco arriba de la hacienda de beneficio de este nombre, sobre el descenso del Arroyo de Villalpando. | 2256,0* |
| Peregrina, patio de la mina | 2407,3 |

Todas estas cantidades se determinaron tomando como base de partida la elevacion absoluta del piso del Atrio parroquial de Guanajuato, fijada en 1991$^{m}$7, segun lo manifestado en el capítulo 2º, al presentar otro cuadro de alturas absolutas.

El agua derivada del Túnel Glennie, á su desembocadura en la Cañada de Españita, conducida convenientemente para descender por el Tiro General de Valenciana, tendria una altura total de caida para salir por el supuesto túnel de Silao, de 400 metros poco más ó ménos. Multitud de obras semejantes podrian proyectarse para acopiar y derivar la cantidad de agua necesaria, á fin de crear potencias mecánicas poderosas para el servicio de las minas.

---

## CAPÍTULO VI.

Tratamiento metalúrgico de los minerales auro-argentíferos de Guanajuato.—Preparacion mecánica.—Granceo.—Molino de almadanetas.—Molino chileno.—Efecto útil.—Análisis mecánica de la granza producida por diversos aparatos quebradores.—Porfirizacion en arrastre.—Efecto útil.—Análisis mecánica de las masas minerales reducidas á polvo fino en los arrastres.—Extraccion del oro por amalgamacion en los arrastres.—Extraccion de la plata por amalgamacion á la temperatura ambiente, en recintos al aire libre, ó sea beneficio de patio.—Aumento de la masa mineral por el desgaste de los arrastres durante la porfirizacion.—Fluidez conveniente de las lamas para formar las tortas.—Repaso.—Ingredientes usados generalmente para el beneficio.—Beneficio con ácido sulfúrico.—Avances en la amalgamacion de la plata y terminacion del beneficio puestos en claro por los ensayes de pella.—Influencia de la temperatura sobre la marcha de la amalgamacion.—Teoría química del beneficio de plata.—Consumo de Ingredientes.—Lavado de las tortas y operaciones subsecuentes.—Consumo de agua en el tratamiento de patio.—Costo del beneficio de patio.—Pérdida de plata en el beneficio de Guanajuato comparada con la amalgamacion de Freyberg y con la norte-americana de Panes.—Pérdidas en los tratamientos en otros Distritos mineros del país.—Causas que originan la pérdida de la plata en Guanajuato.—Proyecto económico para concentrar los resíduos.—Resultados definitivos en la extraccion del oro.—Arbitrios para mejorar la extraccion del oro.—Necesidad de perfeccionar la porfirizacion, á fin de obtener mejores resultados en la extraccion de los metales preciosos.—Apreciaciones relativas á mejorar el procedimiento químico del patio.—Comparacion económica de los resultados de diversos beneficios.—Reciente introduccion en grande escala en el país del beneficio de fundicion.—Apreciaciones sobre el porvenir probable de este tratamiento referente á Guanajuato.—Apreciaciones relativas á la lixiviacion.—Industria metalúrgica en Guananajuato, juzgada en conjunto por el número de arrastres en accion en diversas épocas.—Conclusiones generales.

Al escribir este capítulo, no es mi ánimo abordar la descripcion detallada del beneficio de patio, con las manipulaciones que le son anexas, ni tampoco efectuar el estudio razonado y comparativo de los diversos trabajos químicos emprendidos en Europa y en éste país para esclarecer la teoría de semejante tratamiento. En verdad este asunto es de muy notorio interes, y ya que sobre él tenemos multitud de experiencias químicas practicadas indivi-

dualmente por varios de nuestros más ilustrados ingenieros y profesores, convendria que estos dieran á conocer los resultados de sus estudios, con el fin de publicar una obra clásica sobre el beneficio de patio, en el país mismo en el que tuvo su nacimiento y desarrollo y en el que tan en grande escala lo aplicamos. Mi ánimo consiste ahora únicamente, en presentar una descripcion breve, con algunos datos comparativos y económicos sobre el beneficio que tan ventajosa y extensamente se practica en Guanajuato.

El Sr. Garcés, á principios del siglo, [1] con buena crítica y citando los autores respectivos, nos da á conocer que la invencion de este beneficio tuvo lugar en Pachuca, en 1557, por Bartolomé de Medina, pero sin poder precisar la fecha ni citar las circunstancias que rodearon tan insigne hecho, en una época en que las teorías químicas de las afinidades y de los pesos atómicos eran totalmente desconocidas.

La importancia industrial de este descubrimiento fué tal, que segun la oportuna cita del Sr. Garcés, [2] en 1562, es decir cinco años despues, en una época en que las comunicaciones en este país eran en exceso lentas y difíciles; sin embargo *ya se enumeraban en Zacatecas treinta y cinco haciendas de sacar plata por azogue,*" segun se desprende de la "*Descripcion Breve de la Muy Noble y Leal Ciudad de Zacatecas por el Conde Santiago de la Laguna.*" [3]

El mismo Garcés observa que no es extraño que sobre tan importante operacion industrial ejecutada en vasta escala, nada se escribiera. Sus palabras textuales son las siguientes: "Antes que Alonso Barba diera por escrito las reglas de este arte, y aun despues que las dió, pasaban y pasan de unos á otros tradicionalmente, y su aplicacion se aprendia y se aprende en la práctica. Esto es tan propio de las artes, que ninguno ha tenido otros principios. De este modo emigró por las tres partes del mundo el arte de fundir metales, que habiendo tenido segundo principio en

1 *Nueva teoría y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundicion y amalgamacion escrita por Don José Garcés y Eguía.*—México 1802, pág. 75.

2 Obra citada pág. 78.

3 Opúsculo muy curioso impreso en México en 1732 y reimpreso en Zacatecas en 1883.—La cita en esta última edicion es en la página 34.

tiempo de Noé, ó por lo ménos de sus hijos, no viene á encontrarse autor alguno que escribiera sus preceptos hasta Estraton Lamsapceno entre los Griegos, y entre los Latinos hasta C. Plinio el segundo, como testifica George Agricola: [1] con que no será defecto en la Azoguería que sus preceptos se escribieran á los ochenta años de inventada, cuando no lo es en la fundicion haber permanecido en sólo la tradicion, y corrido así por muchos siglos entre las naciones más cultas."

Humboldt trató de dilucidar la historia del mismo descubrimiento, [2] y sus palabras son las siguientes: "Pero la amalgamacion de los minerales de plata, la ingeniosa manipulacion que se usa hoy en México, y á la cual se deben la mayor parte de los metales preciosos que hay en Europa, ó que han refluido de Europa á Asia, no data de más lejos que del año de 1557; y fué inventada en México por un minero de Pachuca, llamado Bartolomé de Medina. Por los documentos que existen en los archivos del despacho general de Indias, y segun las investigaciones de Don Juan Diaz de la Calle, [3] no puede quedar duda ninguna acerca del verdadero autor de esta invencion, que se ha atribuido [4] unas veces al canónigo Enrique Garcés, que principió en 1566 á beneficiar las minas de azogue de Huancavelica, otras á Fernández de Velasco, que, en 1571, introdujo la amalgamacion mexicana en el Perú. Todavía es más incierto el que Medina, que habia nacido en Europa, no hubiese ya hecho experiencias de amalgamacion ántes de ir á Pachuca."

El repaso de las tortas por caballerías no se introdujo á México sino hasta 1783, por Don Juan Cornejo, imitando lo que ya entónces se practicaba en el Perú. [5] Multitud de inventos aplicados á la parte química del tratamiento, pregonados con más ó

1 *In Epistola qua dicavit duodecim Libros de Re metalica ducibus Saxoniæ.*

2 *Ensayo Político sobre Nueva España*, 2ª Edicion Castellana de Don Vicente González Arnao, Paris 1827, tomo III pág. 143.

3 *Memorial dirigido al señor Don Felipe IV.* [*Madrid* 1646], pág. 49. *Garcés, del Beneficio de Metales*, págs. 76-82. Compárese tambien la *Real Cédula expedida en Valladolid, en 4 de Marzo*, 1559.

4 *Solórzano, Política de las Indias*, libro VI, cap. VI, núm. 17. *Garcilaso*, p. 1., pág. 225. *Acosta*, lib. IV, cap. II. *Lampadius Handbuch der Huttenkunde*, lib. I, pág. 401.

5 *Humboldt*, obra citada, tomo 3º, pág. 165.

ménos elogio en su época, se encuentran en desuso; tal como el *beneficio de hierro* inventado en 1586, en el Perú, por Cárlos Corso de Leca: el de la *pella de plata* de Juan de Corrosegarra, en 1676: el de la *colpa*, [1] preconizado por Lorenzo de la Torre, citados por Humboldt, y multitud de otros qne seria largo ennumerar.

El inteligente Profesor de Química del Colegio Científico de la Ciudad de Guanajuato, Don Vicente Fernández, en las "*Apreciaciones del sistema* y *de su manejo*," refiriéndose al patio, se expresa de la manera siguiente: [2] "La rusticidad de las máquinas y de las ruedas empleadas en este beneficio, la distancia tan grande que hay entre las cantidades de los ingredientes que emplean, con las que la química indica, y la falta de conocimientos científicos en las personas que lo dirigen, presentan un aspecto, una apariencia de imperfeccion tal, que ántes de conocer lo que hay de cierto en todo ello, cree uno que todo ese conjunto de condiciones está perfectamente combinado para tirar el dinero al rio.

"Yo no quiero sostener que el sistema es inmejorable, ni que los que lo manejan sean intachables, no: pero sí, sin considerarme competente, me siento obligado á reconocer un sistema sencillo, elegante, y muy hábilmente manejado.

"Su sencillez no le ha sido dada en estos ultimos tiempos, la tiene desde su orígen; yo no advierto cambio ni innovaciones favorables que se le hayan hecho; lo veo lo mismo en su esencia ahora que cuando salió de su autor, y las mejoras en los resultados que ahora se nota, el éxito que ahora produce, depende de saber manejarlo mejor que ántes.

"Hace algun tiempo que la prensa anuncia frecuentemente nuevos y ventajosos medios de beneficio, y era natural que ya alguno hubiese venido á reemplazar á éste; pero no ha sucedido así hasta ahora, y aun cuando de los publicados se ha usado alguno, los resultados le han dado el triunfo al de *patio*.

1 *La colpa* es una mezcla natural de sulfato ácido de hierro y de peróxido del mismo metal, que muy probablemente procedia de la descomposicion espontánea á la intemperie de la pirita ó bisulfuro de hierro.

2 *Práctica del beneficio de minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato, llamado de Patio. Estudio remitido á la Sociedad Mexicana de Historia Natural, por su socio corresponsal Don Vicente Fernández.*—Opúsculo inserto en *La Naturaleza*, tomo IV.—México 1879.—*Apéndice* pág. 32.

"No es inmejorable, no: ya está dicho, y seria de desearse el cambiarlo por otro que economice la enorme pérdida de azogue, ó al ménos innovarlo en la parte que origina esa pérdida."

Marcadísimo interés presenta el distrito auro-argentífero de Guanajuato, respecto del tratamiento metalúrgico de las grandes masas minerales que producen sus numerosas minas. Depende este interés, no solamente de las cantidades de materia sujeta anualmente al beneficio, sino tambien de los buenos resultados en el rendimiento de plata, comparados con los que se obtienen en otros distritos argentíferos mexicanos de importancia.

En efecto, habiéndose sistemado sólidamente en Guanajuato de muchos años atrás, el sistema de compras de frutos, llamados rescates, segun quedó descrito en el capítulo anterior, la industria metalúrgica ha girado por propia cuenta, dependiendo de las minas únicamente por lo concerniente á la adquisicion de las masas minerales. Las negociaciones mineras provistas de haciendas de beneficio, han seguido por imitacion un sistema semejante, separando el giro de las minas del de las haciendas, como si se tratara de negocios pertenecientes á diversos dueños.

Las épocas de crísis producidas por la general pobreza y escasez de frutos en las minas, han ejercido su natural influencia sobre la industria metalúrgica, basada antiguamente sobre el rescate, y recientemente sobre las "compras á la ley." La entidad constante de la demanda de frutos por parte de los beneficiadores, con la mira de surtir sus oficinas del mineral indispensable para alimentarlas, y la insuficiencia de la produccion para atenderla en debida forma, han originado en el curso del tiempo necesariamente los cambios consiguientes. Estas circunstancias han influido para que el beneficio de patio se haya estudiado con marcada atencion en Guanajuato, especialmente bajo el punto de vista económico, supuesta la competencia que en el curso de los años se ha desarrollado entre los beneficiadores, á fin de conseguir la adquisicion de los frutos de las minas, logrando obtener utilidades, sin embargo de la incesante competencia.

Por otra parte, produciendo las minas de Guanajuato frutos generalmente de una composicion mineralógica sencilla, supuesta la escasez de sulfuros metálicos acompañantes de la pinta argentífera, el tratamiento de patio se aplica allí bajo condiciones parti-

cularmente favorables, sin notable pérdida de azogue, y obteniéndose relativamente un buen rendimiento de plata.

Al describir el beneficio de patio tal como se practica en el distrito aludido, preciso será limitarse á presentar un compendio relativo á una materia sobre la cual se han publicado muy interesantes artículos de Autores nacionales y extranjeros, dispersos en multitud de publicaciones. Es verdaderamente sensible que no poseamos en la República una obra reciente especial sobre el beneficio de patio, que tan en grande escala aplicamos en el país, con el fin de entregar á la circulacion la mayor parte de la plata que producimos. Desde la memorable obra escrita por el inteligente Ingeniero de Minas sajon Don Federico Sonneschmidt, en principios de este siglo; obra en la cual se asentaron las primeras apreciaciones químicas racionales sobre un beneficio que, si bien se aplicó con anterioridad empíricamente por siglos, fué desconociendo por completo los fundamentos de su aplicacion; despues no ha visto la luz otro tratado tan preciso y completo como era de esperarse, en vista de los no escasos y muy importantes estudios publicados los unos, é inéditos los otros, ejecutados casi todos por personas muy competentes en tan importante asunto.

Conviene mencionar especialmente entre los artículos publicados, los de Mr. Duport, bajo los títulos: "*Amalgamacion en frio, ó beneficio de patio*" y "*Observaciones sobre la teoría del beneficio de patio.*" [1] Además de presentar en ellos su autor un resúmen científico é histórico sobre el asunto, manifiesta algunas experiencias y datos originales é interesantes, y deduce consecuencias de muy notable valor en la práctica.

Es muy sensible que el Señor Don Miguel Valázquez de Leon, inteligentísimo profesor que fué de Metalurgia en la Escuela Práctica de Minas del Antiguo Colegio Nacional de Minería, no haya publicado sus interesantes apuntes sobre los beneficios de amalgamacion. Se encuentran en ellos apreciaciones importantes y experiencias de laboratorio originales, destinadas á ilustrar el manejo del beneficio de patio en grande escala.

Procedentes en Guanajuato las masas minerales de las minas, se introducen á las haciendas ú oficinas metalúrgicas bajo una

1 *De la Production des Métaux Précieux au Mexique par St. Clair Duport.* —Paris 1843, págs. 103 y 120.

forma variada, desde fragmentos de unos cuantos centímetros en sus tres dimensiones, hasta "tierras," ó sean masas de materia triturada imperfectamente, y por consiguiente encerrando fragmentos pequeños de diversas dimensiones.

La amalgamacion de patio exige que la materia que deba someterse á este tratamiento se encuentre finamente dividida; en consecuencia hay que sujetarla á la pulverizacion. Esta preparacion consta de dos operaciones; la llamada *granceo* ó sea la trituracion para uniformar toda la masa mineral á fragmentos pequeños, y la pulverizacion propiamente dicha, ó sea la *porfirizacion*, por medio de la cual se avanza más ó ménos la division mecánica de la materia. En Guanajuato, á la vez que se ejecuta esta segunda parte de la molienda, se recoge por amalgamacion parte del oro existente en los frutos.

### *Granceo.*

Durante siglos se usó en Guanajuato para el granceo, el molino comun de almadanetas ó mortero, que segun lo hizo observar el Señor Don Miguel Velázquez de Leon, al describir la preparacion mecánica de los minerales de plata del Fresnillo,[1] fué conocido desde el tiempo de Agrícola, (en el siglo XVI); pero que de veinte años á esta parte se ha venido sustituyendo por el de muela rotatoria, conocido generalmente con el nombre de *molino chileno*. En Zacatecas se extendió el uso de estos aparatos con anterioridad, hácia el año de 1863, y más tarde, en vista de la economía de su trabajo, se le dió tambien la preferencia en Guanajuato.

El Ingeniero Don Francisco Glennie, tantas veces citados en los capítulos anteriores, describió hace varios años el granceo y el molino chileno en el que se ejecuta en Guanajuato, de la manera siguiente:[2] "La primera operacion á que se sujetan los minerales por beneficiar es el granceo, que consiste en reducirlos á pequeños fragmentos, siendo los mayores de unos $0^{m}008$ de diámetro, que es el tamaño poco más ó ménos, de los agujeros de las cribas

1 *Anales Mexicanos.*—México 1860, pág. 12.

2 *Asuntos Mineros con noticias de beneficio y ensaye de metales en Guanajuato por Miguel Rul.* México 1881, pág. 12; ó bien *El Minero Mexicano*, tomo VIII, pág. 447.

ó harneros por donde se hace pasar la granza. Esta operacion se practica anualmente por medio de molinos de rueda llamados *chilenos*. Estos constan esencialmente, de una gran rueda vertical de fierro ó de piedra de $1^m70$ de diámetro por 0,38 de espesor; la que lleva una llanta de fierro colado blanco $0^m10$ de grueso y de mismo ancho que el espesor de la rueda: ésta está atravesada en su centro por un eje horizontal de 5,40 de longitud, terminado en uno de sus extremos por un muñon de fierro que descansando sobre una chumacera gira en ella, y tiene además mucho juego en el sentido vertical; esta chumacera, está colocada en una cavidad practicada en un árbol vertical de madera que gira al derredor de su eje; en el otro extremo del árbol horizontal y á una distancia de 3,40 del centro de la rueda, está unido al árbol un anillo de fierro que lleva en su medio una garganta en la cual gira otro anillo tambien de fierro, que lleva un balancin al que se uncen dos ó tres mulas que producen el movimiento. El piso que recorre la rueda es un anillo de $0^m49$ de ancho, formado con piezas de fierro de la misma clase que el de la llanta de la rueda, y del mismo espesor. Entre este anillo y el árbol vertical, hay un harnero que tiene la forma de tronco de cono, cuya superficie lateral está formada por una red de alambre que deja unos claros $0^m010$ á $0^m012$ de lado; teniendo el harnero tal inclinacion que deja pasar una granza cuyos mayores fragmentos son á lo más de 0,008 de diámetro. La granza se arroja sobre el harnero con palas, cayendo la parte harneada en un depósito colocado á un nivel inferior al del piso del molino.

"A medida que se grancean los frutos, se sacan ensayes de porciones determinadas, á fin de conocer la cantidad de plata y oro que hay en toda la granza que se dedica á la formacion de una torta"

El Señor Don Vicente Fernández, inteligente profesor del Colegio Civil del Estado de Guanajuato, ha demostrado en una interesante memoria que tendré ocasion de citar con frecuencia, [1] que el granceo ejecutado con almadanetas, bajo el mismo precio de pasturas, cuesta el doble del realizado con el molino chileno; supuesto que, en este último resulta dicho costo por carga de 14

1 *Práctica del beneficio de minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato*, pág. 38.

arrobas, de 12 á 13⅔ centavos de peso, miéntras que, en los primeros es de 27 á 28.

Este resultado económico se justifica por completo, comparando la cantidad de carga granceada con la potencia motriz indispensable para poner en accion estos aparatos. En efecto, en los antiguos molinos de maceo de Guanajuato, por cada mula aplicada al espeque se obtenian, por hora, de 20 á 23 kilógramos de granza cribada sobre harneros de cuero con agujeros circulares de un centímetro de diámetro. Estimando que en promedio la mula mexicana regularmente alimentada, produce en aparatos de lenta marcha, el efecto motriz correspondiente á 0,55 de caballo dinámico, se obtiene que los molinos citados de almadanetas producian, por caballo motriz de vapor, y por hora, de 36 á 42 kilógramos de granza.

Los molinos de la misma especie de Fresnillo eran superiores á los de Guanajuato, segun se desprende de los datos del Señor Velázquez de Leon; [1] pues calculando con ellos los resultados prácticos se obtiene, como rendimiento de granza tamizada por criba de agujeros circulares de 12 milímetros de diámetro, 71 kilógramos por hora y por mula, ó sean 129 en el mismo tiempo, por caballo de vapor de fuerza motriz. La relacion del trabajo motor con el trabajo útil era de 0,54, y el costo del granceo de una carga de 14 arrobas, con maíz á $ 1 50 la fanega y paja á $ 0 18¾ arroba, era el siguiente:

| | |
|---|---|
| Costo del motor..... | $ 0 06 cs. |
| Id. de jornales y efectos consumidos..... | 0 18 |
| Total..... | $ 0 24 |

El granceo con máquina de vapor del sistema Cornwall, por medio de cilindros en Fresnillo, segun la interesante memoria del Señor Velázquez de Leon, estando el cernidor giratorio provisto de tela de alambre núm. 5, producia, segun se deduce de los datos allí expuestos, 38⅓ kilógramos por hora y por caballo dinámico de fuerza motriz, ó bien por cada unidad de leña quemada, 14 de granza obtenida. El costo de la operacion por carga de 14 arrobas, era el siguiente, con leña á $ 0 87 carga de 12 arrobas de costo, y á $ 1 25 cargada en el almacen:

1 *Anales Mexicanos.*—México 1860, pág. 31.

| | Con efectos al costo. | Con recargo de almacen. |
|---|---|---|
| Fuerza motriz con sus consumos..... | $ 0 08 | $ 0 11 |
| Jornales y efectos consumidos..... | 0 05 | 0 06 |
| Total..... | $ 0 13 | $ 0 17 |

Supuesto que algunos efectos sufren mermas de importancia, como la leña con la desecacion, y otros desperdicios, no se puede tomar como exacto el costo á los precios de compra, pero ni tampoco por exceso el obtenido con los recargos de almacen: un promedio entre ambos parece prudente, y en consecuencia, obtengo para el costo en cuestion por carga de 14 arrobas:

| | |
|---|---|
| Fuerza motriz, con sus jornales y consumos..... | $ 0 10 |
| Jornales y consumos especiales del granceo..... | 0 05 |
| Total costo del granceo con máquina de vapor..... | $ 0 15 cs. |

Los molinos chilenos guarnecidos de fierro colado, citados por el Señor Fernández, pertenecientes á las Haciendas de San Juan, Purísima y Cipreses, producian un efecto por hora y por mula, segun he calculado, de 52 á 78 kilógramos de granza tamizada por alambre de tela núm. 4 (ó sea por malla con cuadros de 6 milímetros por lado), y por tanto mucho más delgada que la obtenida con los antiguos molinos de maceo. Este resultado corresponde por caballo dinámico, de 94 á 142 kilógramos por hora. La diferencia de uno á otro guarismo depende del estado de la muela circular del molino; pues cuando nueva, en los de fierro colado, el aparato marcha ligero, y la molienda se realiza con mayor rapidez, que cuando la llanta de fierro de dicha muela, deteriorada irregularmente, y por tanto con prominencias y depresiones en su superficie, ofrece mucha mayor resistencia para la traccion, y su accion tiene, con tal motivo, que ser lenta é irregular.

Las llantas que constituyen el blindaje de los rodillos ó muelas de estos molinos, primitivamente se formaban con tres ó cuatro gruesos cinchos de fierro dulce, los cuales establecian una superficie trituradora desigual, con las respectivas comisuras de union: se construyeron despues en la Ferrería de Comanja, en secciones ó piezas de fierro colado, que aunque endurecido en la superficie, el desgaste ocasionado por la trituracion era muy irregular, se-

gun lo expresé ántes, y por tal razon de algunos años á esta parte, se han sustituido con llantas de acero fundido muy homogéneo, de una pieza, de la célebre fábrica alemana de Krupp, que se gastan con regularidad y lentitud en servicio diario [2 milímetros en 13 meses], y por consiguiente, el aparato conserva poco más ó ménos la misma ligereza y potencia quebrantadora que cuando se encontraba nuevo.

Con los molinos chilenos mejorados de esta manera, se trituran por mula y por hora de 130 á 160 kilógramos, tamizando la granza por tela núm. 4; ó bien por caballo dinámico y por hora de 236 á 291 kilógramos, ó sea de 6 á 7½ veces más que con los cilindros trituradores de Fresnillo, con un costo total por carga de 14 arrobas [ó sean 161 kilos], de 13 á 16 centavos, incluyendo reparaciones y depreciacion del aparato, segun el precio de los forrajes y la dureza y el tamaño de los fragmentos minerales sujetos á la operacion.

Como un promedio podria establecerse, que el costo del granceo con los molinos chilenos herrados con llanta de acero Krupp, es el siguiente, por carga de 14 arrobas:

| | |
|---|---|
| Costo de la fuerza motriz..... | $ 0 03 |
| Id. de los jornales y consumos del granceo.... | 0 12 |
| Total..... | $ 0 15 |

Llama la atencion que el costo del granceo en Fresnillo, ejecutado con cilindros y máquinas de vapor, con cernidor de tela núm. 5, sea el mismo que el de Guanajuato, con molino chileno mejorado, provisto de cribas de tela núm. 4, fuertemente inclinadas, á consecuencia de lo cual, la materia queda cernida casi tan fina, como si se hubiese tamizado por tela núm. 5. Pero si el costo en conjunto es el mismo, en los detalles se revelan muy notables diferencias. En efecto, miéntras que en Guanajuato el costo del motor de sangre es, por carga de 14 arrobas, de 3 centavos de peso, en Fresnillo, el de vapor por igual unidad, era de 10 centavos, ó 3⅓ veces mayor.

Conviene recordar con este motivo, lo que expresé en el capítulo anterior, y es que, costando el combustible en los centros mineros del país, cuatro veces más que en Europa y en el Oeste de Estados Unidos, la potencia de vapor resulta cara, supuesto que

en Fresnillo la leña entró en el total costo del motor, durante un período de seis meses, en la relacion del 84⅔ por ciento. Si el combustible pudiera obtenerse á la mitad del costo, por ejemplo, la economía seria del 42⅓ por ciento, y el costo del motor se habria reducido á poco ménos de 6 centavos por carga.

La inversa acontece con los costos especiales del granceo; miéntras que estos en Fresnillo importaron por carga de 14 arrobas, 5 centavos de peso, en Guanajuato ascendieron los mismos á un costo de 12. La diferencia, que es de importancia, tiene una explicacion bien sencilla. La mano de obra es mayor en el molino chileno, supuesto que en los cilindros, si se exceptúa la ceba, que en Fresnillo estaba arreglada á mano, todas las demás operaciones hasta tamizar y levantar los granzones, para volverlos á pasar á la molienda, eran enteramente automáticos. Además, en el costo guanajuatense está considerada la depreciacion del aparato y el rédito del capital invertido, ambos quizá con alguna exageracion, por consiguiente el costo verdadero seria un poco menor.

Estas comparaciones dejan conocer, que si alguna vez en Guanajuato el precio del combustible mineral pudiera bajar hasta corresponder por su equivalencia calorífica á la mitad del actual costo de la leña de encino [10 centavos por arroba], el establecimiento de cilindros trituradores se podria ejecutar con grandes ventajas económicas.

Segun E. Tilmann "para una hacienda de cien arrastres bastarian cuatro pares de cilindros, á fin de producir una granza susceptible de cargarse con 10 ó 12 quintales por tahona. En la Hacienda de Flores, en 1860, se ejecutó la experiencia de triturar con cilindros movidos por mulas: un par granceo, al dia 198 qnintales, y de estos se cargaron los arrastres con 10 para el trabajo de las 24 horas. No se conservaron los cilindros por carecer de fundicion de hierro en 90 leguas en contorno." [1]

La sustitucion de los molinos de maceo por los chilenos, ha sido de tal manera ventajosa, que bajo la misma potencia motriz y en el mismo tiempo, producen éstos próximamente siete veces más granza, y á la vez notablemente más delgada.

De paso haré observar, que encontré entre el trabajo motriz y

1 *Der Bergbau und das Amalgamations—Verfahren in dem Bergwerks—Distrikte von Guanajuato in Mexico*—Münster, 1866, pág. 57.

el trabajo útil de un molino de ocho mazos de la Hacienda de San Francisco de Pastita, en Guanajuato, una relacion de 0,46; perdiéndose en las resistencias nocivas propias del mortero, [rozamientos de los mazos contra las cadenas, de las levas contra los sobarbos y la pérdida de fuerza viva por el choque de la leva] 0,15 y por las del aparato motriz [rozamientos de ejes y de un engrane] 0,39.

El inteligente Ingeniero Don Manuel M. Contreras, refiriéndose á un molino de maceo [1] de Guanajuato, compuesto de 18 almadanetas, demuestra que el trabajo útil era el 67,42 por ciento; las resistencias nocivas propias del mortero, absorbian el 30,54 y las peculiares del aparato motor, 2,04 de la fuerza motriz en total. La cantidad granceada por mula resultaba ser de 94 kilógramos por hora, y por caballo dinámico, en el mismo tiempo, 171 kilogs. Estos resultados no solamente son superiores á los que producian la generalidad de los molinos de esta especie en Guanajuato, sino que aún superan á los mencionados ántes relativos á Fresnillo, y sin embargo son bien inferiores á los que se obtienen con los molinos chilenos.

En cuanto al efecto mecánico, los molinos chilenos bien construidos, blindados con llantas de acero, destituidos de toda trasmision de movimiento, y de trabajo regularizado, con la conveniente ceba de carga, muy probablemente tienen un coeficiente como el de los arrastres [que fué cuidadosamente determinado por el sabio profesor Don Miguel Velázquez de Leon], [2] de 0,90 á 0,95.

Respecto del desmenuzamiento de la granza producida por los aparatos mencionados, comparado con el que se obtiene con otras máquinas quebradoras, diré algunas palabras.

Siendo el que esto escribe alumno de la Escuela Práctica de Minas, situada entónces en Guanajuato, se hicieron las siguientes análisis mecánicas de granzas procedentes de frutos de la Mina de Purísima, cerca de La Luz, bajo la direccion del laborioso, inteligente y recien finado Profesor Señor Don Miguel Velázquez

1 *Anales de la Sociedad de Humboldt* tomo II. México 1873, pág. 98.

2 *Anales Mexicanos.* México 1860, p. 196 y siguientes. En la memoria citada del Profesor de Guanajuato Don Vicente Fernández, página 36, puede consultarse el dibujo de los molinos chilenos usados generalmente en Guanajuato.

de Leon, cuya inesperada muerte [1] nunca deplorarémos bastante los amantes mexicanos de las ciencias, y ménos aún los que tuvimos la honra de ser sus discípulos:

| GRANZA CRIBADA. | Mortero de almadanetas, criba de 10 milímetros. | QUEBRADORA DE QUIJADA. ESCAPE DE LA GRANZA. 10 mm. | 7½ mm. | 5 mm. |
|---|---|---|---|---|
| Residuo sobre criba de tela núm. 8..... | 48.44 | 48.22 | 49.33 | 31.24 |
| Residuo sobre criba de tela núm. 70..... | 29.27 | 31.94 | 32.37 | 41.98 |
| Arenilla fina que pasó por tela núm. 70.. | 11.92 | 11.94 | 10.60 | 11.96 |
| Polvo impalpable separado de la anterior. | 10 37 | 7.90 | 7.70 | 14.82 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Las tres últimas columnas proceden del exámen de la granza producida por una quebradora pequeña, de sistema análogo á la americana de Krom, es decir, con el gozne de la quijada trituradora colocado en su parte inferior. Para las experiencias, se hizo variar la salida de escape de la granza, de 10 á 7½ y 5 milímetros, entre las quijadas, acercando la trituradora á su contraria. La primera columna pertenece á la granza de la misma materia mineral, procedente de un molino de almadanetas, con cedazo de agujeros redondos de un centímetro de diámetro.

La comparacion de las columnas primera y segunda, que corresponden á iguales circunstancias de cribado [un centímetro de tamaño para los mayores fragmentos], deja conocer la semejanza del trabajo quebrador producido por uno ú otro sistema. La diminucion de anchura de la comisura de escape de la granza, de 10 á 7½ milímetros, en la quebradora, apénas modificó las proporciones relativas del desmenuzamiento, y fué preciso reducir el ancho de la comisura á 5 milímetros, para que la modificacion se hiciera notable.

Las matrices de los frutos granceados, siendo únicamente el cuarzo y la calcita ó carbonato de cal más ó ménos cristalizado, por medio del ácido acético se disolvió la calcita, obteniéndose por 100 partes los resultados siguientes en las muestras sujetas á prueba:

1 Acaecida en la Ciudad de México el 22 de Diciembre de 1890.

| La proporcion de carbonato de cal en las muestras ensayadas, fué la siguiente: | Mortero de almadanetas. 10 milímetros. | QUEBRADORA DE QUIJADA. ESCAPE DE LA GRANZA. 10 mm. | 7½ mm. | 5 mm. |
|---|---|---|---|---|
| En el polvo impalpable | 59.50 | 60.00 | 61.00 | 63.75 |
| En la arenilla | 56.25 | 58.50 | 63.25 | 58.50 |
| En la grancilla | 49.00 | 49.20 | 55.75 | 43.50 |
| En la granza | 38.75 | 37.00 | 33.25 | 34.50 |

Es notable la semejanza de resultados entre la cantidad de carbonato de cal existente en las diversas porciones de las granzas, procedentes del molino y de la quebradora, con 10 milímetros de abertura; y es además notable, que la matriz calcárea entre en mayor cantidad en la composicion de las distintas porciones, miéntras más finas sean sus partículas. El quebrantamiento, pues, de las masas minerales, no es tan arbitrario como pudiera suponerse, sino que depende tambien de la naturaleza de la asociacion mineralógica de los frutos. En el presente caso, el cuarzo fué predominando en las partículas, miéntras más gruesas eran éstas, y esta observacion no carece de interes, si se considera que frecuentemente la diseminacion de la pinta argentífera en Guanajuato, en los frutos de baja ley, se encuentra de preferencia en la matriz cuarzosa y no en la calcárea.

Los ejemplares de granza ya citados, en sus distintas porciones, fueron ensayados por plata, y dieron los resultados siguientes, en gramos por tonelada de mil kilógramos:

| | Mortero de almadanetas. 10 milímets. | QUEBRADORA DE QUIJADA. ESCAPE DE LA GRANZA. 10 mm. | 7½ mm. | 5 mm. |
|---|---|---|---|---|
| Lama ó polvo impalpable | 875 | 1000 | 1250 | 1250 |
| Arenilla fina [ó sea cabecilla ó jales] | 2750 | 3250 | 2750 | 2125 |
| Arena gruesa ó grancilla | 1750 | 2125 | 1875 | 1625 |
| Granza ó fragmentos más gruesos | 3350 | 3375 | 2750 | 2350 |
| Ley media general de la muestra | 2555 | 2790 | 2350 | 1850 |

Se advierte desde luego, que si el desmenuzamiento de la masa mineral es muy semejante en la granza producida por la quebradora con abertura de quebrantamiento de 10 milímetros, y en la del mortero de maceo, zarandeada por criba de agujeros de 10 milímetros tambien de calibre, acontece lo mismo con la distribu-

cion de la plata en las diversas porciones correspondientes. En efecto, la ley mínima en todas las porciones de granzas de la quebradora y del molino, corresponde al polvo impalpable, ó sea la porcion más calcárea; la ley máxima á la porcion más gruesa de la granza, ó sea la más cuarzosa, y una ley casi tan alta como la máxima, se encuentra en la cabecilla ó arenilla. La grancilla tiene una ley casi promedio entre la máxima y la mínima.

Con objeto de hacer comparables los resultados del desmenuzamiento y los de la distribucion de la plata en los frutos sujetos á estas pruebas, presento el siguiente cuadro, en el que repito los guarismos correspondientes á la granza cribada, que figuran en el primero de los anteriores, á fin de que se comparen con los correspondientes á los de la distribucion de la plata en las diversas porciones.

| Granza cribada. | Molino de almadanetas. | | Quebradora de quijada. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Producto de la trituracion en 100 partes. | Distribucion de 100 partes de plata. | Producto de la trituracion en 100 partes. | Distribucion de 100 partes de plata. | Producto de la trituracion en 100 partes. | Distribucion de 100 partes de plata. | Producto de la trituracion en 100 partes. | Distribucion de 100 partes de plata. |
| Residuo cribado por tela núm. 8... | 48.44 | 63.55 | 48.22 | 58.27 | 49.33 | 57.70 | 31.24 | 39.50 |
| Residuo cribado por tela núm. 70.. | 29.27 | 20.05 | 31.94 | 24.32 | 32.37 | 25.81 | 41.98 | 36.80 |
| Cabecilla ó arenilla fina..... | 11.92 | 12.84 | 11.94 | 13.90 | 10.60 | 12.40 | 11.96 | 13.71 |
| Polvo impalpable ó lama..... | 10.37 | 3.56 | 7.90 | 3.51 | 7.70 | 4.09 | 14.82 | 9.99 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Desde luego se comprende que si la distribucion de la plata quedara ejecutada con homogeneidad en las diversas porciones de la molienda, el tanto por ciento de éstas seria igual al de la plata; en consecuencia, la diferencia de los guarismos respectivos mide la variacion con la que se ha distribuido el metal precioso en las ya citadas porciones. Aparece como constante la tendencia á empobrecerse de las lamas producidas en el granceo, y la de enriquecerse los productos más gruesos. La cabecilla se presenta con tendencia á tomar la ley media del conjunto, y la grancilla ó arena gruesa tiende á empobrecerse.

Estas observaciones son enteramente locales, no solamente para cada distrito, sino para las diversas minas y aun para las distintas regiones de una misma mina. Pudieran tener su aplicacion con el objeto de aprovechar algunos desechos incosteables por su ley, ligeramente inferior al límite asignado, y entónces seria suficiente grancearlos y tamizarlos por *trommels*, provistos de las series de cribas convenientes, para retirar de esta manera, á muy poco costo, porciones de mineral ligeramente concentrado, pero ya costeable.

No es posible asentar de antemano como una regla general, cuáles de los productos separables de los distintos desmenuzamientos engendrados por el granceo serán los más ricos y cuáles los más pobres; sin embargo, se pueden presumir los resultados, de acuerdo con la composicion de los frutos. En Catorce, por ejemplo, en la mina de San Agustin, á la profundidad, la pinta argentífera dominante está constituida por el rosicler oscuro y por la miargirita, más ó ménos diseminados entre las materias arcillosas y calcáreas, pero rara vez impregnándose en el cuarzo, y las más veces acompañándose de pirita, blenda y algo de galena. Siendo uno y otro compuesto de plata muy frágil, desde luego, en el granceo, sus partículas se desmenuzan demasiado, con sus acompañantes, y es de preverse que los productos más finos, como la lama y las cabecillas, serán los más ricos, y los más gruesos, entre los que de seguro predomine el cuarzo, serán los más pobres, fácilmente separables por la tamizacion.

Largos años hace que Duport habia hecho una observacion semejante, segun se desprende del siguiente párrafo: "Triturando y tamizando para los ensayes, minerales, casi todos muy cuarzo-

sos, se percibe que desde luego las partes metálicas se fracturan ó se abren por sus cruceros, y que el cuarzo, casi puro, queda aislado sobre el tamiz, mucho ántes de que la porfirizacion sea completa. En un país en que la mano de obra, ó en el que los medios mecánicos fueran baratos, esta observacion podria suministrar un modo de separacion, que en las circunstancias en que se encuentra México, no seria ventajoso por los gastos que traeria consigo."[1]

Por las experiencias anteriores queda establecida una comparacion entre el granceo realizado por el antiguo mortero de almadanetas, y las quebradoras de quijada, de uso reciente en el país. Pocos dias hace ejecuté otras experiencias para examinar el desmenuzamiento del granceo producido por trituradores de cilindros, y por los molinos chilenos, hoy generalmente usados en Guanajuato.

El inteligente jóven Ingeniero D. Manuel Valerio Ortega, administrador de la gran hacienda de beneficio que perteneció á la extinguida Negociacion de Proaño, en Fresnillo, Estado de Zacatecas, á mi paso por esa poblacion, en Noviembre de 1889, tuvo á bien ministrarme una muestra de la granza producida por los trenes de cilindros, tan perfectamente descritos por el notable profesor ya citado, D. Miguel Velázquez de Leon.[2] Esta muestra, bajo el único aspecto de la molienda, me produjo los resultados que paso á expresar; advirtiendo que los frutos que se grancean se toman directamente de los terreros de las minas, procedentes de las excavaciones sobre veta y de los escombros de la pepena en los patios, y que por consiguiente son materias minerales expuestas por largos años á la accion de los agentes exteriores. La tela del cernidor cilíndrico automático es núm. 5, que deja pasar fragmentos de tamaño máximo de 5 milímetros.[3]

1 *De la Production des Métaux Precieux au Mexique, par Saint Clair Duport.*—Paris.—1843.—Pág. 66.

2 *Anales Mexicanos.*—México.—1860.—Pág. 14.

3 El número de las telas de alambre que sirven para construir tamices, como es bien sabido, están arreglados por el número de cuadros apoyados sobre la longitud lineal de una pulgada inglesa; de manera que el núm. 1 tiene un cuadro, el núm. 2, dos cuadros sobre la pulgada lineal, ó bien cuatro sobre la cuadrada, la núm. 80, tiene ochenta sobre la lineal y 6,400 dentro de la cuadrada, y así sucesivamente.

El inteligente y activo beneficiador Sr. D. Froilan Jiménez, partícipe de la Sociedad arrendataria de la Hacienda de Rocha, que es la oficina más grande de las de su especie en Guanajuato, se sirvió atender á mi pedido, entregándome personalmente en dicha oficina, en fines de Mayo de 1890, tres ejemplares de granza producida por los molinos chilenos, con muela provista de llanta de acero Krupp, y con cernidores fijos de tela de alambre número 4, colocados en taludes de 60°. El Sr. Jiménez quiso poner en mis manos tres muestras que representaran, la primera, la masa mineral más dura que del momento tenia [cuarzo-piritosa de la mina de Mexiamora]; la segunda, una de condiciones medias [cuarzo-caliza de la de Margaritas], y la tercera, de poca resistencia, de la nueva y ya notable mina de San Cárlos, cuyos frutos se extraen de cerca de la superficie.

La muestra de las granzas de Fresnillo, así como las de Guanajuato, se tamizaron por cribas formadas por alambrados de diferentes números, y los polvos delgados que atravesaron todos los tamices, fueron desleidos en agua y agitados fuertemente en frascos de tapon esmerilado, con el objeto de separar por levigacion el polvo impalpable arrastrado por el agua, de la arenilla fina ó cabecilla, despues de permitir el asentamiento de la masa por algunos segundos.

El cuadro siguiente deja conocer los resultados cuantitativos de esas operaciones mecánicas, relativas á las granzas.

| CLASIFICACION EN CRIBAS. | FRESNILLO. TELA NUM. 5. Terreros de Proaño. | GUANAJUATO. CRIBA DEL GRANCEO, TELA NUM. 4. Mineral de Mexiamora. | Mineral de Margaritas. | Mineral de San Cárlos. |
|---|---|---|---|---|
| Residuo cribado por tela núm. 11.... | 50.58 | 48.42 | 44.58 | 44.90 |
| Residuo cribado por tela núm. 25.... | 21.26 | 20.65 | 21.90 | 23.65 |
| Residuo cribado por tela núm. 45.... | 9.34 | 9.66 | 10.16 | 11.60 |
| Residuo cribado por tela núm. 80.... | 7.18 | 7.60 | 8.01 | 8.68 |
| Residuo cribado por tela núm. 100... | 3.02 | 2.27 | 2.58 | 2.54 |
| Residuo cribado por tela núm. 140... | 2.01 | 1.55 | 1.87 | 2.04 |
| Arenilla ó cabecilla muy fina ..... | 2.01 | 8.37 | 5.78. | 3.39 |
| Polvo impalpable..... | 4.60 | 1.48 | 5.12 | 3.20 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Polvos finos [sumas de las cuatro últimas partidas]..... | 11.64 | 13.67 | 15.35 | 11.17 |
| Granzas, grancillas y arenas gruesas. | 88.36 | 86.33 | 84.65 | 88.83 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Desde luego se reconoce la analogía que existe entre la granza producida por los molinos chilenos y la de los cilindros trituradores de Fresnillo.

Comparando este cuadro con el anterior, en el que presenté los resultados del granceo en los antiguos molinos de almadanetas, y en una quebradora de vaiven ó de quijada, á primera vista se reconoce que estos aparatos trituradores, segun los ensayos expuestos, producen mayor cantidad de polvo impalpable que los molinos chilenos y los cilindros. Con objeto de hacer comparables los datos de ambos cuadros, he formado el resúmen que figura al pié del último, y presento además el siguiente, relativo al granceo de almadanetas y de quebradora.

| | Mortero de almadanetas. | QUEBRADORA DE VAIVEN. | | |
|---|---|---|---|---|
| | | SALIDA. 10 mm. | SALIDA. 7½ mm. | SALIDA. 5 mm. |
| Cabecilla fina y polvo impalpable..... | 22.29 | 19.84 | 18.30 | 26.78 |
| Granza, grancilla y arena gruesa..... | 77.71 | 80.16 | 81.70 | 73.22 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Ambos cuadros condensados manifiestan, que segun estos ensayos, la trituracion producida por los cilindros, aparece como la más escasa en productos finos del granceo, tal y como en Europa se tiene reconocido, y esto sin embargo de que la criba de tamizacion [núm. 5] fué la más fina de todas, y despues, el molino chileno es el que parece producir ménos partículas finas, y quizá por esta circunstancia no deba aceptarse como aparato de polveo, ó sea para avanzar la molienda hasta llevarla á un grado de tenuidad más ó ménos avanzado.

En cuanto á la quebradora, comparada con el molino de almadanetas, bajo igualdad de circunstancias [es decir, el segundo con su criba de agujeros de calibre de 10 milímetros, y la primera con su comisura de escape de la molienda de 10 milímetros], el molino ha producido mayor cantidad de polvo fino. Este resultado induce á justificar la preferencia que en Alta California han tenido para la molienda fina, seca ó con agua, las baterías de almadanetas.

Cada lote ó partida de frutos en Guanajuato, se grancea con la conveniente separacion, barriendo el asiento ó fondo del molino,

llevando las barreduras al lote respectivo. Expedito el aparato triturador, continúa su trabajo con otro lote.

Las partidas granceadas, arregladas de manera que tomen una figura cónica, con su respectiva nota manuscrita, asegurada en una varita hincada en la cúspide del monton, quedan en espera de que se tome de ellas el ensaye docimástico, con la debida intervencion del dueño de la partida mineral, ó de su representante. Esta operacion en la Hacienda de Rocha, se practica ensanchando desde luego el monton cónico, con dos operarios situados en lados opuestos, cada uno con su pala, y despues dichos operarios llenan sus palas y lanzan el contenido como á tres ó cuatro metros de distancia; continuando rápidamente en llenar su pala y lanzar su contenido hácia el mismo sitio, con cuya operacion trasladan el total monton de la partida, del sitio que ocupa á otro sitio próximo. Durante este trabajo de traslacion, otros dos operarios provistos de una pequeña asta, con un bote cilíndrico de hoja de lata, abierto por una base y cerrado por la otra [de treinta centímetros de altura por diez ó quince de diámetro, poco más ó ménos], asegurado perpendicularmente á la extremidad de dicha asta, de manera que la boca del bote quede enteramente expedita, se sitúan simétricamente por el exterior de las trayectorias producidas por las paladas de granza lanzadas sin interrupcion. Por medio de las astas, á manera de largos mangos, los operarios colocan sus botes en las dichas trayectorias, de modo que en el espacio van recogiendo porciones de la materia, hasta llenar los botes, que otros operarios les recogen entónces, ministrándoles otras astas con botes vacíos, miéntras que los llenos se llevan á vaciar á un sitio limpio y embaldosado. Concluida la traslacion del lote, terminó tambien la toma de la porcion de ensaye, y entónces se procede á revolver lo mejor posible el pequeño monton, con el fin de reducir el ensaye, siguiendo el procedimiento comun y corriente de extenderlo y de sacar, por medio de una palita, una muestra, que si aún quedare demasiado grande, vuelve á revolverse para extenderla y sacar otra muestra más reducida, la cual debe sufrir la porfirizacion en seco, á fin de quedar disponible para enviarla á la oficina de ensaye.

Hecha esta operacion, de acuerdo entre ambas partes contratantes, queda el lote en depósito, entretanto la Hacienda y el due-

ño de la partida forman la liquidacion, salvando las discrepancias que resulten, ó bien si éstas fueren inaceptables [lo que rara vez acontece], se repite otra toma de ensaye y se arregla definitivamente dicha liquidacion, ó sea la cantidad que el hacendado deberá pagar al dueño de la partida, como valor líquido por los metales preciosos contenidos en ella. Concluidos estos arreglos, la granza, de la cual es ya dueña la oficina beneficiadora, queda disponible para pasar á la segunda parte de la molienda.

## PORFIRIZACION.

La granza procedente de los diversos lotes, se trasporta de la manera más económica posible para surtir los arrastres. A este efecto, en las haciendas mejor arregladas, cada arrastre está provisto en su parte superior de una tolva de madera, con la capacidad necesaria para recibir la carga máxima del aparato. Una compuerta permite descargar el contenido de la tolva en el momento conveniente. Durante el dia los tahoneros surten todas las tolvas, y hay oficinas de beneficio, como la de Salgado, en las que las galeras de los arrastres están provistas de ferrocarriles elevados lijeros, sobre los cuales, con rapidez y economía, se ejecuta el acarreo y la distribucion de la granza en las tolvas.

Respecto de la porfirizacion, el Sr. Ingeniero Glennie se expresa de la manera siguiente:[1] "Los frutos granceados pasan á las tolvas, y de éstas á las tahonas ó arrastres, en los que se efectúa la molienda, ó sea la reduccion á una finísima lama; dependiendo en gran parte de esta operacion los resultados de plata y oro que se obtienen. La oficina en que estos aparatos están colocados se llama *Galera*.

"El arrastre es un círculo de 3m50 de diámetro, formado de baldosas de piedra ó losas encajadas en el suelo como 0m50 y sobresaliendo del piso otro tanto: su fondo se forma con piedras enclavadas que tienen 0m70 de longitud por 0m15 de anchura y 0m10 de grueso. En cada arrastre entran de 240 á 250 de estas piedras, rellenándose los intersticios que dejan entre sí con pequeños ripios, y despues con cabecilla y agua, hasta que el mismo

1 *Asuntos Mineros por Miguel Rul.*—México.—1881.—Pág. 14.

arrastre demuestre que no le cabe más. En el centro se coloca una piedra mucho más grande y gruesa, sobresaliendo un poco del fondo del arrastre, que se llama cepo, y en ella se pone el tejuelo en que gira el guijo del árbol vertical llamado peon, que se mantiene en esta posicion por medio de una maimona colocada en la gualdra corrida, que se coloca con este objeto sobre cada serie ó hilera de arrastres: el peon lleva á poco más de la altura de las duelas, llamadas tambien camones, una cruz formada por dos espeques que lo atraviesan, uno un poco más largo que el diámetro del arrastre, y el otro saliendo fuera de él cosa de 1m33; para que en esta distancia se unzan dos mulas que dan el movimiento, arrastrando una piedra grande que pende con cadenas de cada brazo de la cruz: estas piedras se llaman voladoras y tienen una longitud poco menor que el radio del arrastre, estando talladas irregularmente en prisma de cuatro caras[1] y teriendo un peso aproximado de 35 arrobas [402k716]; tanto éstas piedras como las que forman el fondo del arrastre, son de pórfido cuarzoso duro.

"En trabajo continuado, las voladoras dan servicio por dos meses, y los fondos, por un año cuatro meses, con cortas diferencias. La cantidad de granza que se muele en un arrastre de las dimensiones expresadas, llamado de marca, varía comunmente de 8 á 12 quintales [368k197 á 553k296] en 24 horas, y esta variacion depende de la naturaleza de los frutos, segun su dureza ó blandura, y se atiende tambien á su ley. En las 24 horas que dura la molienda de esta cantidad de mineral, se emplean de unos 20 á 26 quintales de agua [920 litros 50 á 1196ls64]; comenzando por poner cosa de 3 quintales [138ls07] al echar la granza en los arrastres; y á medida que avanza la molienda se van añadiendo nuevas porciones, poniéndose la mayor cantidad 2 ó 3 horas ántes de sacar la lama del arrastre, á lo cual se llama descargar.

"La cantidad de agua que se pone en un arrastre y la manera de irla cebando tiene una gran influencia, tanto en la finura de la molienda, como la cantidad de oro que se recoge en el asiento; y el tino para hacerlo convenientemente es lo que más distingue á los buenos capitanes de galera.

1 Tienen 1m25 de largo, por 0m40 de ancho y 0m40 de espesor, poco más ó ménos.

"Cuando la granza ha sido finamente molida despues de 24 horas de trabajo, lo que se reconoce en que tocando el fondo del arrastre con la mano se nota que no hay una arenilla fina, llamada *cabecilla*, se procede á descargar, excepto en el caso de que la lama esté muy espesa, lo que se conoce en que la mano sale como barnizada; pues entónces el carácter es engañoso, y debe echarse más agua y tentar de nuevo el arrastre, despues de que ha dado algunas vueltas. Si en el fondo se nota algun asiento grueso, se continúa andando hasta obtener la perfeccion; pero debe observarse si el atraso en la molienda ha dependido de exceso de agua, de lo pequeño de las piedras voladoras, de su mala colocacion, ó bien de que las mulas que dan el movimiento al arrastre no hayan hecho el trabajo necesario, para poner el remedio oportuno, segun la causa del mal.

"En el caso que el asiento ó cabecilla fuere delgado, se despuntará el arrastre, es decir, se descargará la parte lamosa que está más á la superficie y se le echará nueva carga, disminuida en proporcion á la cantidad del asiento.

"El descargue se hace sacando la lama de los arrastres con unas bateas, las que se vacían en un conducto que comunica á un caño general, por el que corre la lama á unos grandes estanques llamados lameros, en los que se va recogiendo la molienda diaria hasta reunir la que debe formar la torta que se prepara.

"Los arrastres no deben agotarse al descargarlos; pues por muy fina que sea la molienda, siempre queda en el fondo una pequeña parte de mineral mal molido, y habria tambien el peligro de echar al lamero alguna de la pella que tiene el arrastre en el fondo; para evitar esto, se toma la precaucion de colocar sobre él una lámina delgada de fierro, que evita el rozamiento de las bateas."

En un gran número de haciendas se surte de agua cada arrastre por medio de su respectiva cañería, lo cual á la vez que expedito es económico.

En la Alta California, mucho despues del descubrimiento de los criaderos de oro, y en la época en que ya se trabajaban las vetas cuarzosas auríferas, persistia aún el uso de los arrastres, segun se desprende de la siguiente descripcion del Sr. Kustel, ingeniero húngaro que por largos años estuvo radicado en California y en Nevada.[1] Ella servirá además para reconocer la diferencia en la construccion que existe entre el arrastre mexicano y el norteame-

1 *A Treatise on Concentration of all Kinds of ores, by Guido Kustel*, San Francisco (de California.—1868.—Pág. 105.

ricano, destinado á la vez que para la molienda fina, para recoger el oro por amalgamacion.

"El *arrastre* ó la *tahona* es un aparato de molienda primitivo. Se usa aún generalmente en México y en Sud-América, y con alguna extension en California, pues que con motivo de que su construccion es sencilla y barata, es el aparato explorador de la maquinaria de las minas de oro, situadas en los sitios remotos de las montañas. La molienda y la amalgamacion se combinan, si es que hay oro fino en la roca. Los minerales de plata se muelen hasta reducirlos á polvo impalpable, llamado *lama*, en cuyo estado se les sujeta á la amalgamacion de patio.

"Consiste el arrastre en una excavacion circular, cuyo fondo está embaldosado con alguna clase de roca dura, en estado tosco, como granito, roca-verde, pórfido ó basalto. Al erigir un arrastre, se levanta primero en el centro del círculo un poste de madera enclavado en el terreno, de tal manera que quede con doce ó quince pulgadas sobre el pavimento. Dicho círculo se cerca con duelas de madera ó de loza, y cuatro piedras de gran tamaño se colocan en forma de cruz, para formar el fondo; las cuatro perfectamente á nivel, á fin de que ellas sirvan de guías. El espacio que queda libre se cubre con piedras más pequeñas, colocadas perpendicularmente al eje del aparato. En algunas localidades se eligen las piedras de seccion oblonga, y se colocan verticalmente. La superficie de un fondo nuevo es demasiado tosca; por esta razon deberá cubrirse con arena ó ripios, de manera que las piedras moledoras [*metapiles*] puedan caminar sobre ella sin obstáculo. Sobre la cara superior del poste se le abre entrada á una caja de fierro ó chumacera [*tejuelo*], á fin de que soporte el pivote [*guijo*] de un eje de madera [*peon*]. De través á éste se ajustan cuatro brazos en cruz, á los cuales se atan cuatro grandes piedras, por medio de correas crudas, de sogas ó de cadenas. Dos taladros se abren con este objeto en cada piedra moledora, y en ellos se fijan estacas de madera, en las cuales se aseguran las cadenas. Las moledoras se pondrán en movimiento de seis á doce hóras, con arena, á fin de rellenar todos los huecos y desgastar las más toscas protuberancias ántes de surtirlas con mineral.

"El diámetro de un arrastre es de seis á diez y seis piés, requiriendo proporcionalmente de cuatro á ocho piedras moledoras

El eje [peon], bien que se ponga en movimiento, sea por agua ó por vapor, gira de ocho á diez veces por minuto. Un arrastre puede moler de una á dos toneladas en veinticuatro horas, pero á lo más seis á ocho quintales en el mismo tiempo, si se mueve con caballo ó mula. El peso de las piedras moledoras es de seis á ocho quintales.

"Para tratar mineral aurífero se deposita azogue en el arrastre, el cual se insinúa bajo el pavimento, y la amalgama se forma entre las comisuras, de manera que al recogerla [ó sea hacer la *raspa*], una porcion del azogue y de la amalgama queda siempre entre las junturas y debajo de las piedras del pavimento, á ménos que se levante todo el fondo. Para evitar la molestia de rehacerlo, se emplean á veces fondos de fierro, dentro de los cuales se acomodan con regularidad piedras cortadas, que si se levantan para ejecutar la limpia, fácilmente se reponen en la misma posicion.

"Los arrastres se construyen siempre de tal manera que la lama se descargue abriendo una compuerta, cerrada con varios tapones horizontales de seccion cuadrada; y en el caso en que se muelan frutos auríferos, una corriente constante de agua arrastra los residuos hácia los tapones, los cuales se mueven por grados. Los frutos molidos sin amalgamacion, se descargan de una vez abriendo toda la compuerta sobre su corredera. En California se cargan los arrastres frecuentemente con frutos reducidos al tamaño de un huevo de gallina; en México los fragmentos son generalmente menores. Para la molienda es más ventajoso cargar al principio solamente ciento cincuenta libras de frutos con suficiente agua, y agregar otra carga despues de dos ó tres horas de molienda."

Algunos años despues de escritos por el Sr. Glennie los párrafos preinsertos, se introdujo en Guanajuato la reforma de usar arrastres de 2m60 de diámetro, provistos de tres piedras voladoras [en vez de cuatro], con peso cada una de 16 á 30 arrobas [de 184 á 345 kilógramos], movidos por una mula. Cada arrastre chico muele de 6 á 8 quintales [de 276 á 368 kilógramos], segun la dureza de la carga y su riqueza en oro.

En algunas haciendas se han modificado los antiguos arrastres de 4 varas de diámetro [3m352], estableciendo en su centro un

poste central de $1\frac{1}{2}$ varas de diámetro (1m257), cubierto exteriormente con duelas de losa, procedentes de las canteras llamadas loseros.

De esta manera queda formada una superficie anular, con $1\frac{1}{4}$ varas de anchura (1m047), en el sentido del radio, sobre la cual se deslizan cuatro piedras voladoras, con peso cada una de 20 arrobas (230 kilos), movidas por una sola mula. Estos arrastres reducidos, que llaman *crinolinos*, porfirizan en las 22 horas efectivas empleadas diariamente en la molienda, de 7 á 9 quintales (de 322 á 414 kilos), produciendo en una semana 7 y en la siguiente 6 descargues, con motivo del descanso no interrumpido de los domingos.

Segun se desprende de estos datos, los arrastres grandes reducidos son más favorables para el trabajo que los chicos, y ambos sistemas son más económicos que los movidos por dos mulas. Segun la respetable opinion del Ingeniero Sr. Glennie, los arrastres descritos de una mula, combinados en una hacienda con los movidos por dos mulas, son ventajosos, porque los animales fuertes deben usarse en los primeros, miéntras la fatiga no los abate, y llegado este evento, se les debe relevar, pasándolos á los arrastres de dos mulas, miéntras se reponen, y una vez conseguido esto, pasan de nuevo á trabajar en los de una mula, miéntras otros se reponen, y así sucesivamente.

Este resultado obtenido en la práctica, se encuentra de acuerdo con las deducciones del muy inteligente profesor de la antigua Escuela Práctica de Minas del Fresnillo, D. Miguel Velázquez de Leon, procedentes de experiencias ejecutadas sobre las tahónas en trabajo.[1]

Segun éstas, bastarian tres mulas para poner en movimiento cada arrastre: disminuida la resistencia con el menor peso de las piedras voladaras, desde luego se comprende que con dos mulas, que se turnan de una en una, se pueden poner en accion estos aparatos de porfirizacion. Es de advertir, sin embargo, que al principiar la molienda, recien cargada la tahona, exige un trabajo motor una mitad mayor que el promedio necesario para realizar el resto de la operacion. Esto ocasiona un exceso de trabajo á los animales que ponen en movimiento los arrastres de una mu-

1 *Anales Mexicanos.*—México.—1860.—Pág. 148.

la, y de aquí es que la fatiga se haga visible en ellos por la extenuacion.

Suponiendo, en promedio, en Guanajuato, una molienda diaria de 10 quintales (460¼ kilógramos) por arrastre grande, movido por cuatro mulas que se turnan de dos en dos en el trabajo, se obtiene por hora y por mula $4^{k}79$ de lama, ó bien $8^{k}71$ por hora y por caballo dinámico. Bajo el supuesto de que los arrastres chicos muelan por dia 7 quintales (322 kilógramos), movidos con una mula que se releva con otra, se obtiene un producto de lama por hora y por mula, de $6^{k}11$, ó bien de $12^{k}20$ por hora y por caballo dinámico. Estos resultados dejan estimar la ventaja que se obtiene en el rendimiento de la porfirizacion, usando los arrastres chicos y los crinolinos, en vez de los grandes de antiguo y generalizado uso.

Las antiguas tahonas grandes ó de marca de la Hacienda Nueva del Fresnillo, movidas por dos mulas en cada relevo, y cargadas con granza de los cilindros pasada por tela núm. 5, porfirizaban cada una, en promedio semanario, durante un semestre, 83,60 quintales (4,18 montones de á 20 quintales),[1] ó 3848 kilógramos, que divididos entre las 156 horas utiles de la semana (quitando las 12 horas del domingo en el dia), se obtiene una molienda por hora y por mula, de 12⅓ kilógramos, indudablemente más gruesa que la de Guanajuato.

Las aplicaciones de las máquinas de vapor para la porfirizacion en arrastres, no han sido económicas hasta ahora en el país. En efecto, el Sr. Velázquez de Leon, en su interesantísima Memoria, que repetidas veces llevo citada, relativa á la preparacion mecánica de los minerales en Fresnillo, nos dió á conocer que el costo de la molienda en las tahonas de vapor era más elevado qne en las comunes, sirviendo de motor las mulas, siempre que el precio de las pasturas no llegase á $2.37 por fanega de maíz y á $0.30 por arroba de paja, en cuyo evento se igualaban,[2] pues haciendo figurar los intereses de los capitales correspondientes al valor de una tahona comun, con sus cuatro mulas, así como el de una tahona de vapor, refiriéndolo todo á una tonelada mexicana (ó monton de 20 quintales), la diferencia era de $0.71 en favor de la porfiri-

1 *Anales Mexicanos.*—México.—1860.—Pág. 137.
2 *Anales Mexicanos.*—México.—1860.—Pág. 159.

zacion efectuada por las tahonas comunes, cuando el maíz se cargaba en las memorias á $1.50 la fanega y la paja á $ 0. 19 la arroba.

El profesor guanajuatense D. Vicente Fernández, en su importante Memoria sobre el beneficio de patio en Guanajuato, presenta un cuadro detallado de costo comparativo entre la porfirizacion ejecutada con fuerza de sangre y con vapor.[1] Se deduce de él, como lo asienta el Señor Fernández, "que la molienda producida por vapor es muy barata, pero que se obtiene á costa de un motor muy caro. En efecto, haciendo la unidad de molienda igual á un monton (32 quintales), se ve que

| | |
|---|---|
| Cuesta el motor de sangre..... | $ 2 12 |
| Cuesta su molienda..... | 1 85 |
| Cuesta un monton en un tiempo..... | $ 3 97 |
| Cuesta el motor de vapor..... | $ 3 00 |
| Cuesta su molienda..... | 1 17 |
| Cuesta un monton en un tiempo..... | $ 4 17 |

Estos resultados correspondientes á los años de 1875 y 1876, en los cuales no figuran los réditos de los capitales respectivos, ni el deterioro de los aparatos, se han obtenido con los precios de efectos siguientes: fanega de maíz á $ 1. 25, paja á $ 0. 15 arroba, leña verde á 22 arrobas y seca á 16 por un peso. No obstante las estudiadas é inteligentes reformas que se introdujeron para hacer más económica la molienda por medio del vapor, es un hecho que la Hacienda de Pardo; en la cual se encuentran montadas las máquinas y los arrastres, ha permanecido no pocos años sin moverse, sin embargo de que los forrajes han tenido sus alzas de precio en varios períodos.

La leña de encino, que es la más barata, no puede ya conseguirse sino á $ 0. 10 por arroba, lo cual originaría que el costo actual de porfirizacion con vapor fuera mucho más desfavorable.

En las diversas memorias y obras científicas de autores nacionales y extranjeros que han llegado á mis manos, no he conocido un estudio satisfactorio sobre nuestra porfirizacion en arrastres, bajo un punto de vista científico-industrial, en términos de que

1 *La Naturaleza*, periódico *de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, tomo IV, México—1880—Apéndice, pág. 41:

puedan deducirse algunas consecuencias que se aprovechen en la práctica del beneficio, y de modo que sea, además, posible establecer comparaciones entre la porfirizacion, tal como se ejecuta en los diversos distritos mineros mexicanos. En efecto, en las tahonas guanajuatenses la molienda es más fina que en las de Zacatecas, en las cuales se carga mayor cantidad de mineral y á veces se aumenta el número de los descargues semanarios. Bajo esta base la porfirizacion zacatecana resulta más económica; pero es claro que la division de la materia se avanza ménos, y conviene por tanto establecer un procedimiento expedito con el fin de formar comparaciones entre la diversa finura de la porfirizacion.

Con este motivo presentaré los resultados de unas cuantas experiencias que he practicado, sometiendo á la análisis mecánica muestras tomadas de las tortas en beneficio, en las cuales la masa general de la molienda se encuentra perfectamente homogenizada por la mezcla que producen los repasos. La muestra de Guanajuato procede de la Hacienda de Rocha, que como queda dicho, es la de mayor magnitud en el distrito. Una muestra de Zacatecas corresponde á la Hacienda de Sauceda, que es de las más extensas en la localidad. Procede otra de la gran Hacienda de Proaño, en Fresnillo, que porfiriza con grandes arrastres movidos por vapor, y en fin, otro ejemplar corresponde á la Hacienda de San Gabriel, en el Cedral, en la que se benefician minerales de Catorce.

Con el objeto de llevar más adelante la comparacion, presento además, el examen de una muestra tomada por mí mismo de la molienda fina producida por el molino hidráulico californiano de almadanetas, de la hoy extinguida oficina de concentracion y beneficio que pertenecía á la Sociedad norte-americana, *La Luz Minnig and Milling Company;* oficina que estuvo situada en el arroyo, abajo del Socavon de San Bernabé, al Noroeste de la poblacion de la Luz, en Guanajuato.

El procedimiento seguido para ejecutar la análisis mecánica, fué el siguiente: La porcion húmeda de la muestra, se colocó dentro de un frasco de vidrio de tapon esmerilado; se agregó agua clara hasta llenar los dos tercios ó tres cuartos del frasco; se tapó éste y se agitó despues vívamente, con el objeto de desleir bien el ejemplar. Despues de un reposo de tres ó cuatro segundos, se

decantó cuidadosamente la mayor parte del líquido turbio, sin agotarlo, por la facilidad de que arrastrara en su escurrimiento alguna porcion de las partículas gruesas. En seguida se repuso el agua, se agitó de nuevo, y se separó el líquido turbio, reuniéndolo en una gran cápsula, ó en un aguamanil, con el anterior. Siguiendo de esta manera, despues de cuatro ó cinco agitaciones y decantaciones, el líquido apénas conserva en suspension alguna lama. Se da entónces por concluida la operacion; se vacia el resíduo del frasco en una cápsula, se le agrega mercurio metálico limpio, para recoger la amalgama de plata de la muestra, y con las precauciones cuidadosas del caso, se ejecuta la separacion del mercurio de la parte terrosa. Desecada ésta en una estufa á la temperatura de ebullicion, queda expedita para tamizarse por la serie de cribas y pesar los resíduos respectivos.

El agua cargada de lama, exige dejarse reposar por algunas horas para que se asiente, despues de lo cual, se decanta por medio de un sifon, formado con tubo de goma elástica, y el resíduo, todavía con alguna agua, se deseca al baño maría ó en la estufa á la ebullicion, y despues se pesa.

El cuadro siguiente presenta los resultados que obtuve con las muestras mencionadas sujetas á prueba.

CUADRO COMPARATIVO DE LA PORFIRIZACION EJECUTADA EN ALGUNOS ESTABLECIMIENTOS METALÚRGICOS DE IMPORTANCIA EN EL PAÍS.

| Análisis mecánica de la porfirizacion. | Rocha. | Sauceda. | Proaño | S. Gabriel. | Molino hidráulico de almadanetas. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Guanajuato. | Zacatecas. | Fresnillo. | Catorce. | Guanajuato. |
| Polvo impalpable, separado por levigacion | 92 15 | 54 78 | 62 25 | 58 69 | 52 51 |
| Polvo (cabecillas ó jales) que atravezó tela de tamiz número 140 | 7 36 | 37 90 | 14 03 | 25 83 | 22 74 |
| Polvo (cabecillas ó jales) que no atravesó tela núm. 140. | 0 27 | 3 36 | 5 82 | 5 47 | 3 56 |
| Polvo (cabecillas ó jales) que no atravesó tela núm. 100. | 0 04 | 1 78 | 5 15 | 3 66 | 5 60 |
| Polvo (cabecillas ó jales) que no atravesó tela núm. 80. | 0 18 | 1 41 | 10 66 | 5 90 | 12 52 |
| Arenilla que no atravesó tela núm. 45 | 0 00 | 0 54 | 1 96 | 0 40 | 1 71 |
| Arenilla que no atravesó tela núm. 25 | 0 00 | 0 19 | 0 13 | 0 05 | 1 36 |
| Arenilla que no atravesó tela núm. 11 | 0 00 | 0 04 | 0 00 | 0 00 | 0 00 |
| | 100 00 | 100 00 | 100 00 | 100 00 | 100 00 |

Es de advertir que el polvo grueso desecado de la porfirizacion, se sujetó á una clasificacion mecánica, cribándolo por tamices, comenzando por el número 11 y terminando en el 140, con el fin de separar en cada operacion las partículas más gruesas, hasta llegar á la arenilla más fina que atravesó la tela número 140.

Suponiendo que la porfirizacion se encuentre suficientemente avanzada para la masa general de los minerales de plata que se sujetan al patio, regularmente de baja ley (conforme á experiencias de las cuales daré cuenta más adelante), desde que atraviesan las partículas la tela número 80, se puede formar el cuadro siguiente:

| Estado de division de la masa por beneficiar. | Rocha. Guanajuato. | Saucedá. Zacatecas. | Proaño. Fresnillo. | S. Gabriel. Catorce. | Molino hidráulico de almadanetas. Guanajuato. |
|---|---|---|---|---|---|
| Polvo impalpable, quizá en parte demasiado fino..... | 92 15 | 54 78 | 62 25 | 58 69 | 52 51 |
| Polvo suficientemente fino para el beneficio..... | 7 67 | 43 04 | 25 00 | 34 96 | 31 90 |
| Polvo grueso, inaccesible en parte para el beneficio..... | 0 18 | 2 18 | 12 75 | 6 35 | 15 59 |
| Total..... | 100 00 | 100 00 | 100 00 | 100 00 | 100 00 |

Los beneficiadores inteligentes de los distritos mineros más importantes del país, están de acuerdo en que para los frutos más pobres, la porfirizacion no requiere avanzarse demasiado, y únicamente cuando la ley se eleva, procuran que la molienda sea más fina. No conosco algun escrito sobre este asunto, bastante importante, considerado bajo el doble punto de vista de los resultados que se obtengan en el rendimiento de plata producido por la amalgamacion de patio, y bajo el del costo de la operacion, segun se avance más ó ménos la molienda.

Mi compañero y amigo el Ingeniero de Minas Don Antonio Moreno en un interesante opúsculo, se expresa de la manera siguiente:[1] "Antes de pasar adelante harémos algunas consideraciones sobre la molienda, que es no sólo la operacion preliminar para toda concentracion, sino tambien la más importante por su costo y porque una molienda inadecuada haria imposible la concentracion, económicamente hablando. Nunca se encomiará bastante una bue-

1 *Apuntes sobre concentracion de metales, recogidos por el Ingeniero Antonio Moreno.*—Opúsculo. México, 1878, pág. 20.

na molienda, no sólo para concentrar sino aun para sujetar los metales á ciertos tratamientos puramente metalúrgicos, si se puede decir así.

"Las máquinas empleadas generalmente para porfirizar el metal han sido los morteros y las tahonas. Los primeros han servido generalmente para grancear, y aún tienen ese solo objeto en Guanajuato y otros minerales, y las tahonas para terminor la molienda: en Sonora y Sinaloa se ha ido abandonando el sistema de tahonas como muy inferior al de morteros en seco ó con agua. Para mi objeto tengo que considerar ambas moliendas.

"Una de las causas más grandes de pérdida es la de que los metales sean lamosos, pues cualquiera que sea el aparato que se emplee para concentrar por vía húmeda, no se puede evitar que mucha, muchísima parte del polvo metálico sea arrastrado en el lodo más ó ménos espeso que forma la lama. Si la concentracion se hace en seco no debe considerarse que el metal sea ó no lamoso; pero este caso no nos atañe por ahora. Ahora bien, desde el momento que se carga la tahona, comienza á haber una gran parte de metal en polvo fino, que es el que en los morteros se redujo necesariamente á este estado, y aquel que las manos [ó *metapiles*] reducen al mismo estado desde las primeras vueltas: éste aunque bastantemente molido, sigue remoliéndose hasta que termina la operacion, que tarda de 24 á 48 horas: de ello resulta, que más de la mitad de ese tiempo se ha empleado en trabajo inútil, que más de las tres cuartas partes del metal ha quedado finamente pulverizado y altamente impropio para la concentracion; y que ha costado la molienda mucho más de lo necesario.

"Pasemos á la molienda en mortero. Esto se puede hacer en seco ó en agua: en el primer caso, el metal está encerrado en cajas, de las cuales dos paredes están formadas con tela de alambre más ó ménos fina, ó bien por láminas de fierro con agujeros de uno á dos milímetros de diámetro. A cada golpe de los mazos se levanta el metal, que, impelido por el movimiento del aire ó por el choque de los mismos mazos contra los cernidores, pasa por ellos aquel que esté bien molido, y entónces cede al fondo de las cajas el que no esté bastante pulverizado, para ser levantado en los siguientes impulsos. Mas como no todo el metal molido se dirige hácia los cernidores, hay siempre una parte, aunque muchísimo me-

nor que en las tahonas, que se remuele más de lo necesario y causa tambien pérdidas.

"Si se hace la molienda en morteros con agua, todo aquel metal que está bastantemente pulverizado sale necesariamente con el agua; pero aún queda dentro de las cajas alguno que, á pesar de estar finamente pulverizado, sufre nuevos golpes, moliéndose más de lo necesario, perdiéndose en esto una parte de fuerza y ocasionándose, como es natural, mayor gasto; más esta cantidad que se muele así no es considerable, y no causa, por lo mismo, grandes pérdidas.

"Lo anterior se evita, empleando para el granceo las máquinas llamadas de quijada, y pasando en seguida la granza por cilindros, de donde pasa el metal á cernidores convenientemente dispuestos para separar las diversas arenas metálicas que resultan. En los cilindros no pasa más que una sola vez el metal, que queda en un estado de molienda tal como se requiere para la concentracion.

"Rittinger, que es uno de los ingenieros que con más cuidado ha estudiado la concentracion de los metales, señala como sigue los resultados que ha obtenido en la molienda de cilindros y morteros.

"En la molienda de cilindros se obtiene:

70 por ciento de granza gruesa.
20 „ „ de arena.
10 „ „ de polvo fino ó lama.

En la molienda de morteros con agua, cuyos cernidores tenian agujeros de $0^{m}004$ de diámetro [tela núm. 6]:

32 por ciento de arena.
32 „ „ de polvo.
36 „ „ de lama.

"En las moliendas de tahonas no se pueden obtener resultados medios, porque en ellas todo es irregular; cambian de una tahona á otra las superficies de friccion de las diversas piedras voladoras ó manos, y el peso de éstas; es decir, los elementos principales de la molienda; pero se puede asegurar, sin temor de errar, que esa molienda da cuando ménos:

70 por ciento de lamas finísimas.
20 „ „ de polvo.
10 „ „ de arenilla fina.

"Para poder apreciar de una manera segura lo que influye el estado de molienda en los metales, he deslamado, en una caja construida cuidadosamente, de manera que su fondo inclinado en un sentido longitudinal y horizontál en el sentido de su eje menor, recibiera el lodo metálico con bastante agua, en una lámina igual, lo que conseguía dividiendo la corriente al llegar á la mesa por medio de pivotes triangulares colocados convenientemente; recogiendo lo que pudiera llamarse primera y segunda y que quedaba depositado en un espacio de 1m20, poco más ó ménos, de la caja, y desechando lo que se depositaba más allá de esa distancia, que por diversas tentaduras nos indicaba tener poquísimo asiento, he encontrado que sólo recogia en estas partes mal concentradas,

65 por ciento de lama.
25 „ „ de arena fina.
10 „ „ de arena gruesa.

"Es decir, que con metales lamosos se pierde indefectiblemente de 60 á 70 por ciento de metal cuando se quiere concentrar, y que es arrastrado en las mismas lamas, segun ensayes que se hicieron de ellas. Hé aquí por qué se debe tener especial cuidado en preparar convenientemente el metal que se trata de concentrar."

Tratándose del Distrito minero de Guanajuato, no hay hasta ahora motivo de mucho interes para fijarse en la porfirizacion, como si se tratara de una operacion preliminar para concentrar las masas minerales que deberán sujetarse al beneficio de patio. En efecto, mi distinguido amigo, el inteligente Ingeniero de Minas Don Manuel María Contreras, en su interesante escrito que lleva por título: "*Observaciones relativas al empleo de la concentracion de los minerales*"[1] demuestra con claridad aritmética, que en la generalidad de los casos no conviene aplicar la concentracion ántes que el beneficio.

Los siguientes párrafos contienen las importantes consecuencias que deduce: "Las consideraciones y datos que anteceden, son suficientes, en mi concepto, para probar que siempre que los minerales tengan una ley suficiente para cubrir los costos del beneficio no deben concentrarse, supuesto que esta operacion ocasiona una pérdida cuyo valor es superior al de la economía que se ob-

1 *Anales de la Sociedad Humboldt*, México 1873, tomo II, pág. 62.

tiene en el tratamiento; y además, que es imposible que la concentracion produzca el prodigio que de ella esperan algunas personas, convirtiendo en ricos los frutos pobres, á fin de volver productivos aquellos cuya ley no basta para cubrir los costos de nuestros métodos actuales.

"Sin embargo, esto no quiere decir que la concentracion no sea aceptable con provecho en algunos casos excepcionales. Al contrario, este método será útil: primero, cuando la sustancia que quiera aprovecharse sea de poco valor, como el plomo ó el fierro, y su tratamiento metalúrgico costoso, como la fundicion; segundo, para los resíduos del beneficio, en cuyo caso la ley es corta, la molienda ya está hecha, y en el que cualquiera que sea la parte de la ley que pueda recogerse, siendo su valor superior al costo de concentracion y beneficio, puede reputarse como utilidad: tercero-cuando sin considerar los costos de extraccion de la mina, se ten, gan frutos cuya ley no alcance á cubrir los gastos de beneficio: cuarto, cuando la composicion de los minerales se preste á verificar la concentracion con poca pérdida, y se cuente con elementos para efectuarla con poco gasto; y por último, cuando usándose morteros de concentracion para la molienda, puedan separarse los polvos ricos de las lamas pobres."

Como una excepcion á estas apreciaciones generales, conviene presentar el ejemplo de lo que acontece en Catorce, Estado de San Luis Potosí, en cuyo Distrito minero los frutos colorados dominantes hasta notable profundidad, han sido los caracterizados por la presencia de la plata verde [bromuro y yoduro de plata]. Tratándose de colorados pobres, la porfirizacion allí no se avanza sino lo necesario para lograr la concentracion, á la cual se sujetan las lamas metalíferas. De las tahonas pasan las masas minerales porfirizadas al *deslame*, con el objeto de separar, por medio de una levigacion en grande escala, la parte más fina producida por la molienda, ó sea la *lama* propiamente dicha, quedando como resíduos los *jales*, ó sean las partículas más gruesas. Estos se sujetan á la concentracion, con el fin de obtener unas *cejas* más ricas, en las cuales se encuentre la mayor parte de la plata verde que estaba diseminada en toda la masa.

Las cejas así separadas pasan á beneficiarse por el sistema de caso, en tanto que las *colas* de la concentracion se incorporan de nue-

vo en el patio, á sus propias lamas, para beneficiarlas allí, á fin de extraer la plata existente en estado de sulfuro simple [*plata azul*]. Los frutos ricos en plata verde pasan directamente de la tahona al caso ó *fondon*.

La necesidad, pues, de recoger anticipadamente la plata verde que en su mayor parte no se amalgama en el patio, obliga á separarla de antemano por la concentracion, á la cual se presta fácilmente esta pinta mineral, y para lograr esta operacion con el mejor éxito, se hace preciso vigilar que la porfirizacion sea adecuada.

En Guanajuato se afina demasiado la porfirizacion comparada con la de otros distritos mineros de importancia, segun lo demuestra el cuadro numérico que antecede, pero esto se efectúa con la mira de amalgamar en el arrastre la mayor porcion del oro nativo contenido en los frutos. Esta division avanzada de la materia, impide que sea posible de una manera fácil la concentracion de la gran mayoría de los resíduos del beneficio de patio, supuesto que esta mayoría es de lamas arrastradas en suspension por las aguas del lavadero, ó sea el aparato usado para separar la amalgama argentífera de la masa general de la mineralizacion. Fácilmente se recogen despues del lavado las *cabecillas*, y aun parte de las lamas que corresponden á la porcion ménos fina; pero el resto de la masa, que es la más crecida, inevitablemente es arrastrada por las aguas que siguen su curso natural por los arroyos, y con ella se pierde la mayoría de la plata contenida en los resíduos. Si fuera posible, convendria que la molienda no fuera tan fina, siempre que se pudiera lograr un arbitrio para recoger el oro, sin necesidad de operar la amalgamacion avanzando la molienda, tal y como se practica en el arrastre.

Es digno de notarse, que de siglos atrás fué muy recomendado entre los beneficiadores de patio que la porfirizacion fuera fina, segun lo atestiguan los siguientes renglones de Alvaro Alonso Barba,[1] que es el autor conocido más antiguo que ha tratado sobre la

1 *Arte de los metales, en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue. El modo de fundirlos todos, y cómo se han de refinar, y apartar unos de otros. Compuesto por el Licenciado Alvaro Alonso Barba, natural de la Villa de Lepe, en la Andalucía, Cura en la Imperial de Potosí de la Parroquia de San Bernardo.* Edicion de 1770, con los grabados respectivos, hecha en Madrid, pág. 76.

amalgamacion de patio, y cuya obra escribió en el Potosí Austral ántes de 1637. Es de observar, que el mencionado Barba fué en 1595 el inventor del beneficio ó tratamiento de amalgamacion en caliente, para los minerales de plata, conocido con el nombre de *Cocimiento ó de Cazo.* Al principiar el Capítulo VI, del Libro II, titulado, "*del moler los metales.*" se expresa de la manera que sigue: "El moler los metales es preparacion precisamente necesaria para sacarles la plata, ú oro que tienen por azogue, y la sutileza de la harina parte muy principal para abreviar el beneficio, y sacarles la plata que tuvieren. Una, entre otras cosas, de que ha hecho poco caso la grosedad de esta tierra, ha sido el hacer la harina gruesa, ó dejar muchos relaves, que así la llaman, á diferencia de lo sutil de ella, que llaman Lamas."

Sonneschmidt en su "*Tratado de Amalgamacion de Nueva España,*" escrito en principios de este siglo, despues de una residencia de doce años en este país, en el Capítulo I que titula "*Molienda*" se expresa de la manera siguiente:[1] "Pero en Guanajuato donde la pinta noble de la plata está íntimamente mezclada con la guija dura, no se carga más que seis ó siete quintales en veinticuatro horas, y si el mineral es rico se emplean á veces hasta cuarenta y ocho horas en su molienda; cuando en otros reales de minas donde cargan diez quintales en cada tahona no emplean más que diez y seis horas en su molienda. Por lo mismo tiene Guanajuato mucha ventaja en lo fino y sutil de sus lamas, aventajando en este punto todos los demas reales de minas, que sin embargo de diferentes metales y pintas, no tendrian de que arrepentirse en siguiendo el mismo método."

A principios de este siglo, se acostumbraba en los Distritos de Guanajuato y Zacatecas el deslame de la carga rica porfirizada. Esta operacion la describe Humboldt del modo siguiente:[2] "La lama húmeda que sale de las tahonas se lava algunas veces nuevamente en los estanques de *deslamar*, cuya construccion se ha perfeccionado modernamente en el Distrito de Zacatecas por el Señor Garcés. Cuando los minerales son ricos, como en la mina de Rayas de Guanajuato, no se las reduce en las tahonas sino al volúmen de

1 *Edicion francesa de Bossange.*—Paris 1825, pág. 3, Capítulo I.

2 *Ensayo Político sobre Nueva España*, 2ª Edicion Castellana de González Arnao, Paris 1827, tomo 3º, pág. 147.

una arena gruesa, que llaman *jalsonte* y se separan por medio de lavaduras los granos metálicos más ricos que se destinan á la fundicion, cuya operacion, que es muy económica, se llama *apartar polvillos.*"

El mismo Alvaro Alonso Barba aconsejaba, para que los minerales quedasen muy finamente molidos, el deslame. Sus palabras textuales son las siguientes: "Yo uso de otro modo para el beneficio por conocimiento, de que se tratará adelante, y es lo que más conviene para todos los beneficios de azogue. El metal molido, y cernido se echa en una tina de mano, como si estuviera ya con azogue dada la ley, y para lavarse, échesele agua bastante, menéase con el molinete muy bien, todo lo sutil sube arriba, lo más grueso, ó mal molido se aparta abajo, sácase la lama con bateas, échesele en los fondos, y se cuece, el relave grueso se remuele, ó en Atahona, ó de otra suerte, hasta que se convierte en harina todo; si de la lama se quisiere hacer cajones al modo de beneficiar ordinario, se les mezcle arena limpia para que esponjen, y cesen los inconvenientes de los metales lamosos."[1]

No ha llegado á mi conocimiento que se hayan practicado experiencias precisas en el país, con la mira de determinar el grado de finura que requiere la porfirizacion para el mejor éxito de la amalgamacion de patio. Estas experiencias, en mi concepto, no carecen de interes. En efecto, los ensayes docimásticos que he practicado sobre los diversos polvos procedentes de la análisis mecánica de las porfirizaciones, tomadas de tortas pobres rendidas ó casi rendidas de las Haciendas de Rocha (en Guanajuato), Sauceda [en Zacatecas] y Proaño en Fresnillo; de cuyas análisis di cuenta en las páginas anteriores, demuestran que el polvo impalpable, si no tiene una ley igual de plata á la de los jales finos, la presenta más elevada, como aconteció con la torta rendida de Sauceda, en la forma siguiente:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Resíduo de tela núm. 45..... | $216\frac{2}{3}$ | gramos | por tonelada | métrica. |
| Resíduos de las demas telas y de la arenilla más fina..... | $16\frac{2}{3}$ | ,, | ,, | ,, |
| Lama ó polvo impalpable..... | $266\frac{2}{3}$ | ,, | ,, | ,, |

Si un número competente de ensayes practicados sobre tortas rendidas confirmara este resultado local, se podria deducir que pa-

1 *Arte de los Metales.* Edicion de Madrid.—1770, pág. 77.

ra los frutos de baja ley, la molienda más adecuada seria la que produjera la mayor porcion posible de polvo que atravesara la tela núm. 45, reduciendo al mínimo el producto de polvo impalpable.

La plata arrastrada por el agua en las lamas, se pierde casi en su totalidad, como quedó dicho anteriormente, y por consiguiente los resíduos que se recogen son los más pobres y forman la minoría de la masa.

La misma observacion presentaba Mr. Guido Kustel respecto de los resíduos del tratamiento de los minerales de Comstock, en Nevada, en los términos siguientes: "La dificultad para concentrar los resíduos de panes, estriba principalmente en el muy fino estado de la pinta, que es más quebradiza que el cuarzo, por cuya razon la lama finísima es generalmente la porcion más rica de los resíduos, y á la vez inadecuada para la concentracion. Con el auxilio de los *deslamadores*, fácilmente se ejecuta la separacion de la arena de la lama; pero ésta, como ya se dijo, es más rica, frecuentemente en más del doble que la parte arenosa, y por tanto no puede sujetarse á la concentracion, á ménos que sea de una manera negativa, separando por lavado las porciones finísimas que se encuentren más ricas.[1]

En vista de este estudio incipiente, he llegado á sospechar, que tratándose de frutos pobres, como lo es en general la masa que se sujeta al patio en el país, la molienda más adecuada seria aquella cuyo polvo producido atravesara la tela núm. 80, originando la porcion menor posible de lama.

Conviene, sin embargo, advertir, que la lama ejerce un papel mecánico importante en la amalgamacion de patio. En efecto, los jales ó cabecillas aislados, tendidos en forma de tortas, conservan mal el agua necesaria para el beneficio, supuesto que fácilmente se escurre de su masa, y con ella los ingredientes necesarios para las reacciones químicas. Los animales que se hacen caminar sobre la torta para establecer el *repaso*, poco á poco se van hundiendo ménos, y concluyen por caminar sobre la superficie endurecida de la masa, sin producir ya un repaso fructuoso. Por el contrario,

1 *A Treatise on Concentration of all kinds of Ores* etc. San Francisco 1868, pág. 160.

una cierta cantidad de lama en las tortas, hace retener el agua necesaria para la marcha del beneficio y regulariza el repaso.

El polvo impalpable producido inevitablemente para afinar la molienda, de manera que atravesara la tela núm. 80, muy probablemente bastaria para proveer á la masa mineral de la lama indispensable.

Los molinos hidráulicos de almadanetas, producen una molienda ménos rica en lama que los arrastres, y á primera vista parece que esta pulverizacion seria la más adecuada; pero como manifestaré más adelante, esta modificacion tuvo en Guanajuato serios inconvenientes económicos, hoy por cierto muy fáciles de vencerse.

Por lo demas, la molienda de almadanetas californianas, en el Oeste de Estados Unidos, produce poco más ó ménos los resultados siguientes, segun datos de los fabricantes.

Pulverizando en *seco*, cada bocarte con el peso total de 340 kilógramos [750 libras inglesas], con una altura de caida de 190 á 203 milímetros [de 7½ á 8 pulgadas inglesas], con 93 á 95 golpes por minuto, tela tamiz núm. 50 para el paso de la molienda, con descarga doble (ó sea por el frente y el reverso de las baterías), produce de 998 á 1569 kilógramos [de 1,10 á 1,73 toneladas de á 2000 libras] en 24 horas, segun la dureza y la calidad de la masa mineral, y exige una potencia por bocarte, de dos caballos dinámicos, poco más ó ménos [supuesto que el efecto útil es de 1,45].

Bajo estas circunstancias, resulta una cantidad de polvo por bocarte y por hora, de 41,6 á 65,4, ó bien de 20,8 á 32,7 kilógramos por hora y por caballo dinámico de fuerza motriz.

La molienda ejecutada con el auxilio del agua, con bocartes del mismo peso é igual altura de caida, con 85 golpes por minutos, y paso para la lama equivalente á telas de la núm. 35 á la 45 [ó sea lámina rusa de fierro finamente agujereada, de la núm. 5 á la num. 6] se obtiene una cantidad de mineral porfirizado por bocarte y por hora, de 1424,3 á 2041,2 kilos [1,57 á 2,25 toneladas] en 24 horas; ó bien bajo el supuesto de que cada bocarte exija de la manera expresada una fuerza motriz de 1¾ caballo dinámico [supuesto que el efecto útil es de 1,3 próximamente] produce de 33,9 á 48,6 kilógramos por hora y por caballo dinámico de fuerza motriz, ó bien de 59,3 á 85 por hora y por bocarte.

Muy probablemente avanzando la molienda en los molinos hidráulicos, se obtendria con menor costo una masa líquida ménos ténue que en los arrastres, pero más uniforme en el tamaño de las partículas.

En el pequeño distrito minero de San Juan de la Chica, del Municipio de San Felipe [ó Ciudad González como ahora se le quiere llamar] en el Estado de Guanajuato; explota actualmente una Compañía norte-americana, la ya antiguamente conocida veta cuarzosa de la localidad, beneficiada por oro en pequeña escala de muchos años atrás. Para el tratamiento del cuarzo auro-argentífero, que sin pepena preliminar se somete al beneficio, se encuentra establecida al lado de las minas, una oficina movida por vapor, provista de 10 bocartes ó pisones [como tambien se les llama] californianos. El mineral cuarzoso, á su llegada de las minas, se vacía sobre un emparrillado de barras de fierro de seccion rectangular, puestas de canto, de tal modo que dejen una separacion entre ellas de 1½ pulgadas inglesas (siendo el grueso de las barras poco más ó ménos 1½ pulgadas). Los fragmentos retenidos por este emparrillado, se sujetan al quebrantamiento en una trituradora de quijada, en términos de quedar reducidos á un tamaño de 1½ pulgadas á lo más. En este estado, pasan al molino, el cual, cuando está provisto de tela núm. 40, muele en las 24 horas, 15 toneladas de á 2000 libras, ó sean 100 cargas de 12 arrobas. Cuando la tela es del núm. 30, la molienda es de 20 toneladas, y 25 cuando la tela es del núm. 20. Esta última molienda, segun el inteligente Señor Don Mateo J. Walsk, Superintendente de la empresa [que tuvo la amabilidad de darme los datos que llevo expuestos] aunque fina en suficiente grado para recoger la mayoría del oro, no lo es para obtener la plata, y esto obliga á moler más finamente el mineral. De acuerdo con estos datos, se puede deducir que la molienda por bocarte y por hora, es la siguiente:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Con tamiz del núm. | 20..... | 95,9 | kilógramos. |
| ,, ,, ,, | 30..... | 76,7 | ,, |
| ,, ,, ,, | 40..... | 57,5 | ,, |

La relacion de estos datos deja observar que, bajo el régimen de marcha de ese molino, disminuye la cantidad porfirizada 19,2 kilógramos por hora y por almadaneta, por un aumento de 10 en el número de la tela que forma el tamiz.

Refiriéndome á Guanajuato, en cuyo distrito minero una pequeña cantidad de oro acompaña constantemente á la plata, es preciso tener en cuenta que durante la porfirizacion, se recoge la mayor porcion del oro que es posible extraer de los frutos que se sujetan al beneficio de patio; por consiguiente el trabajo del arrastre tiene á la vez que la importancia de practicar la molienda fina, la de ejecutar el tratamiento metalúrgico especial relativo al oro.

El Ingeniero Señor Glennie en el opúsculo citado[1] describe la extraccion del oro de la manera siguiente:

"Al comenzar la molienda en un arrastre, ya sea porque se le haya puesto nuevo fondo ó porque se haya raspado, cuya operacion se describirá despues, se atacan con cabecilla los huecos que hay entre las piedras de fondo y los ripios, y se asienta despues moliendo en él frutos de poca ley: si el arrastre no es nuevo sino sólo raspado, y la raspadura no ha sido muy profunda, basta para asentarlo, la molienda de frutos pobres que llenen los intersticios sin necesidad de la cabecilla. Una vez asentado, se echa en el fondo una cierta cantidad de mercurio amalgamado con otro metal como plata, cobre, zinc, á cuya operacion se llama *empellar*, y se tiene cuidado de repartir con igualdad esta pella en todo el fondo del arrastre para que vaya produciendo su efecto con regularidad. La cantidad de amalgama que se pone en cada arrastre al empellarlo, depende de la ley de oro que contienen los frutos y tambien de la cantidad de mineral que se debe moler en el tiempo que trascurra entre dos raspas, segun la costumbre ó conveniencia de cada hacienda.

"Por lo general, cuando en cada arrastre se muelen 8 quintales [368,$^{k}$197] diarios ó 7½ montones [11$^{ts}$,$^{ms}$048] en treinta dias, (siendo cada monton en Guanajuato de 32 quintales) [1$^{ta}$,$^{ma}$437] se le ponen 12 libras [5,$^{k}$523] de pella, en las que aproximadamente hay 9½ libras (4,$^{k}$40) de mercurio. Esta cantidad de pella que se pone al principio no es suficiente para recoger bien el oro y una parte de la plata del mineral, que es el fin con que se pone; pues si al principio retiene con facilidad estos metales, va perdiendo esa propiedad á medida que disminuye la parte fluida que contiene, ó sea mercurio, y hay en consecuencia necesidad de ir cebando pequeñas cantidades de éste, con cuyo objeto se acostumbra sacar dos

1 *Asuntos mineros.* México 1881, pág. 17.

ó tres veces por semana, ó con más frecuencia si los frutos fueren muy ricos, tentaduras de los arrastres para reconocer su estado. Estas se sacan del modo siguiente: El arrastre viene á estar como dividido por las piedras voladoras en cuatro partes casi iguales, y siempre que se va á proceder á esta operacion, se colocan dichas piedras en una posicion determinada de antemano, á fin de variarla en los dias convenidos para sacar la tentadura: se limpia uno de los claros ó intermedios que quedan entre dos piedras, y cuando ya está descubierto el fondo, se sacan de las hendeduras pequeñas porciones de la piedra molida que contiene, en la que va mezclada la pella, y se forman bolas que se colocan por órden en un cajon con divisiones marcadas con el mismo número que tiene cada arrastre á fin de evitar toda confusion.

"Se lava esta porcion de tierra y por el aspecto que presenta la pella que queda asentada, se juzga del estado de fluidez que tiene todo el fondo del arrastre, por considerarse igual á la porcion de donde se sacó la tentadura. Si ésta se presenta unida, ó en fragmentos grandes y compactos, es señal que está saturada de azogue ó jugosa y puede seguir amalgamando; mas si se halla muy dividida y casi en estado pulverulento, es señal que está muy seca y necesita azogue en cantidad suficiente para ponerse en el estado de fluidez que tenia al principio; en el primer caso, la presion del dedo sobre la masa, deja una superficie blanca y brillante; y en el segundo, un poco oscura y opaca. Se lleva una cuenta detallada de las cantidades de azogue que se van poniendo á cada arrastre, á fin de saber en cualquier momento la cantidad total de este ingrediente que se ha empleado en la galera y por lo cual se juzga aproximadamente de la cantidad de plata que hay en todos los arrastres. De los frutos que no tienen plata nativa se recoge generalmente el 10 ó 12 por ciento de la ley que tiene toda la granza molida; pero el mejor medio de saberlo es el ensaye de la pella, el cual se saca con bastante exactitud tomando pequeñas partes de todas las tentaduras que se hacen para juzgar del estado de la galera; y dicho ensaye da con suficiente aproximacion la cantidad de plata y oro que hay en todos los arrastres.

"Cuando se considera que la pella es suficientemente rica ó que ya hay demasiada en el fondo de los arrastres, lo que seria perjudicial á la molienda y expuesto á robos, se procede á *raspar;* para

lo cual, despues de efectuar el descargue se secan perfectamente los fondos de los arrastres y con una especie de garfios de fierro se saca de las hendeduras toda la tierra en que va mezclada la pella: la operacion termina cuando haciendo una tentadura de la tierra que se extrae de dichas hendeduras aparece que ya no contiene pella. No habia sin embargo, grave inconveniente en que quedaran pequeñas cantidades por sacar, pues todo se recogeria al poner nuevos fondos á los arrastres y se impediria descomponer éstos demasiado cuando se pretende no dejar las más pequeñas cantidades de pella. La tierra obtenida se lava agregándole una cantidad conveniente de mercurio y colocándola en grandes bateas en las que va asentándose la pella, la cual contiene comunmente de 18 á 22 libras (8,$^{k}$284 á 10,$^{k}$125) de plata mixta para cada 100 libras (46,$^{k}$025) de *empleo* ó sea del azogue que se ha puesto en la galera."

A tan clara y breve exposicion agregaré de mi parte algunos datos numéricos recogidos por mí mismo en union de las apreciables personas que fueron mis discípulos de Metalurgia en el Colegio sostenido por el Estado, en la ciudad de Guanajuato.

En una hacienda de beneficio de 28 arrastres, de los cuales 26 eran los que se movian constantemente, porfirizando en promedio por dia útil de 24 horas 7½ quintales, más ó ménos, por tratarse de frutos ricos en oro; de Agosto 11 de 1864 á Junio 15 de 1866, pasaron por dichos arrastres, 3261, 23 montones de á 32 quintales [ó sean 4803 toneladas métricas]. Durante este tiempo se practicaron 27 raspas. El *empleo* general de las tahonas y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

| | | |
|---|---|---|
| El empellamiento se efectuó con amalgama aproximadamente al 20 p% de cobre | | 4,750 libras. |
| Mercurio añadido | | 6,671 ,, |
| Total empleo de los arrastres para las 27 raspas | | 11,421 libras. |
| El empleo aproximado de cobre fué de | | 950 ,, |
| Total empleo aproximado de mercurio | | 10,471 libras. |
| La pérdida de mercurio fué computada en | | 2,092 ,, |
| Mercurio recogido con la amalgama de oro y plata | | 8,379 libras. |
| Plata de toda ley incluida en la mixta | 3,193 | marcos. |
| Oro de toda ley incluido en la plata | 493,6 | ,, |
| Cobre incluido en la plata mixta | 720,4 | ,, |
| La destilacion de la amalgama de las raspas produjo de plata mixta | 4,407,0 | marcos. |
| Cobre que aparece consumido | | 590 libras. |

Mercurio desaparecido por marco [ó sean 8 onzas] de plata pura obtenida, 10½ onzas, y por marco de plata mixta, excluido el cobre 1,$^{08}$.

Cobre desaparecido por marco de plata pura obtenida, 2,95 onzas, y por marco de plata mixta, excluyendo el cobre 2,$^{56}$.

La plata mixta resultó en promedio general, con la composicion siguiente:

| | |
|---|---|
| Plata..... | 72,44 |
| Cobre..... | 16,34 |
| Oro..... | 11,22 |
| Total..... | 100,00 |

La cantidad de oro recogida en los arrastres fué el 63, 62 p% de la total indicada por los ensayes docimásticos de la granza, sobre una ley media por monton (de 32 quintales) de 1141,4 granos (de 4800 por marco) y siendo la ley media en plata [excluido el oro], de 9,26 marcos (tambien por monton de 32 quintales), quedó de ella recogida por amalgamacion en los arrastres el 10,57 por ciento. Los frutos sujetos al tratamiento fueron en lo general ricos en el metal precioso amarillo, supuesto que por cada marco de plata de toda ley, correspondían 123 granos de oro.

Tales eran las apreciaciones que en aquella época se hacian relativas á la extraccion del oro, pero precisamente en el año de 1866, el inteligente y finado Ingeniero de Minas Don Mariano Glennie, hermano de Don Francisco, tan repetidamente citado en este escrito, siendo Ensayador de la casa minera de la Señora Doña Francisca de P. Pérez Gálvez, ejecutó un concienzudo estudio sobre el ensaye por plata y oro de los minerales de Guanajuato, y á consecuencia de los resultados que obtuvo, "comenzó á apartar el oro de cuatro botones de plata, obteniendo cada boton de 16 gramos de mineral," segun se ha servido comunicármelo muy recientemente por escrito, el Sr. Glennie, Don Francisco, quien continua su interesante narracion de esta manera: "El resultado práctico fué el siguiente: lo comun era que en una ley de 7 á 8 marcos de plata (por monton de 32 quintales) los ensayadores más bien reputados marcaran unos 20 granos por marco de plata. Al hacer el apartado de los cuatro botones, subió el oro á 50 granos. Como habia entónces la costumbre de deducir 15 granos por apartado (hoy se deducen 10) resultó que 20 ménos 15, igual

con 5; 50 ménos 15, igual con 35; por consiguiente el valor del oro en la venta de los frutos subió en la relacion de 5 á 35. Hubo lucha tremenda por parte de los compradores; pero no pudiendo dar razon en contra del procedimiento, tuvieron que amainar."

Considerando en conjunto las masas minerales que se benefician en Guanajuato, parece probable que del oro contenido en ellos, únicamente se extraiga del 50 al 55 por ciento del indicado por los ensayes docimásticos practicados sobre 64 gramos de la muestra, tal y como acaba de decirse. Tratándose de frutos ricos en oro, en los que este metal se encuentra en partículas no muy finas, tales como lo son los de las minas llamadas de la Sierra (Peregrina, Villalpando, Monte de San Nicolás, etc.), esta extraccion montará en promedio del 65 al 70 por ciento, segun datos que he podido conocer de algunas haciendas, cuyos nombres no cito con el fin de guardar la prudente reserva acostumbrada en este asunto en Guanajuato.

Costumbre antigua ha sido en esta localidad, al efectuar la liquidacion del producto de amalgama de los arrastres, computar una especie de *consumido* ó pérdida química de mercurio, igual en peso á la plata mixta recogida en la raspa. "Este faltante ó consumido en el arrastre, dice Duport,[1] no lo explican de la misma manera las personas ilustradas que se ocupan de la amalgamacion, y lo atribuyen, bien sea á la extrema division que el rozamiento puede determinar en las moléculas del mercurio, ó bien á que parte de este, en el estado líquido ó de amalgama, puede fácilmente ser arrastrado con los lodos metálicos, y de este modo ser trasportado al patio, en donde puede disminuir el faltante de mercurio en esta parte de la operacion."

Mr. J. Arthur Phillips,[2] refiriéndose á un interesante opúsculo de Mr. Napier,[3] al tratar de la *pérdida de mercurio en el arrastre*, se expresa del modo siguiente: "Anteriormente se creia que porfirizando los minerales de plata y oro con mercurio, únicamente la parte de estos metales que existia en estado nativo se obtenia

1 *De la Production des Métaux Précieux au Mexique*, Paris 1843, p. 225.

2 *The Mining and Metallurgy of Gold and Silver.* London 1867, p. 333.

3 *On the Mexican Method of Amalgamation, by James Napier, Jun, late Chemist and Assayer to the Guanajuato Mint, Mexico.* MINING AND SMELTING MAGAZINE, vol. 1 p. 101.

bajo la forma de amalgama; pero evidentemente no es este el caso, supuesto que no hay ninguna duda de que una porcion mayor ó menor del sulfuro de plata se reduce siempre al estado metálico, á expensas del monto correspondiente del mercurio, que se convierte él mismo en sulfuro. Generalmente saben bien los azogueros ó amalgamadores, que para obtener un peso dado de metal precioso por este procedimiento, es preciso sacrificar poco más ó ménos una cantidad equivalente de mercurio, y esto de ninguna manera podria corresponder, bajo el supuesto de su union solamente con el oro libre y con la plata nativa presentes en los minerales.

"Las siguientes cifras son dadas por Napier, como resultado de una experiencia hecha en una de las haciendas de Guanajuato, y ella manifiesta que la pérdida de mercurio se debe principalmente á su combinacion con el azufre, derivado de la reduccion del sulfuro de plata:

"La amalgama para empellar pesó 70 libras, y estaba compuesta de 14 de plata y 56 de mercurio.

| | |
|---|---|
| El mercurio agregado, aparte del existente en la amalgama fué de..... | 330 libras. |
| Mercurio en la amalgama de *empellamiento*..... | 56 ,, |
| *Plata mixta* obtenida incluyendo la plata puesta bajo la forma de amalgama..... | 84 ,, |
| "Peso de amalgama que deberia haberse obtenido..... | 470 libras. |

"Sin embargo, la amalgama producida únicamente pesó 400 libras, formadas por 84 de oro y plata, y 316 de mercurio; manifestándose una pérdida de 70 libras sobre la total cantidad de azogue empleada. La aleacion obtenida, consistió en 18 libras de oro y 66 de plata; y como el oro encontrándose en estado metálico, directamente debió unirse con el azogue sin producir ninguna pérdida de este metal, el deficiente puede considerarse como igual al peso de la plata extraida, y el ligero exceso de pérdida, es de contarse como pérdida mecánica del lavado y de escape de vapores mercuriales durante la subsecuente operacion de destilar la amalgama. Los minerales de Guanajuato contienen escasamente alguna plata nativa, siendo el oro prácticamente el único metal presente en estado metálico, y por consiguiente la pérdida de mercurio puede únicamente atribuirse á la reduccion del sulfuro de pla-

ta por el mercurio, y en la gradual conversion de este metal en sulfuro.[1]

"Cuando la amalgama de cobre en vez de la de plata se introduce á los arrastres, el cobre gradualmente desaparece, y se reemplaza por plata, siendo al mismo tiempo menor la pérdida de mercurio."

En la oficina de azoguería de una hacienda, la cuenta del mercurio empleado en esta operacion trascrita, habria sido poco más ó ménos la siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| *Plata mixta* obtenida en total..... | 84 | libras. |
| Plata contenida en la amalgama con la que se empelló..... | 14 | ,, |
| Plata mixta asentada por los arrastres..... | 70 | ,, |
| Azogue consumido ó sea pérdida química..... | 70 | ,, |
| Pérdida total de azogue en los arrastres, lavado, destilacion, etc..... | 00 | |

Conforme á esta cuenta la pérdida mecánica habria sido nula: pero si se considera que la verdadera pérdida química no puede referirse sino al monto de la plata pura obtenida, entónces el *consumido* se podria estimar de la manera siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| Plata pura contenida en la mixta asentada..... | 66 | libras. |
| Plata pura contenida en la amalgama con la que se empelló..... | 14 | ,, |
| Plata pura asentada en los arrastres..... | 52 | ,, |
| Faltante de azogue..... | 70 | ,, |
| Azogue consumido, igual en peso á la plata..... | 52 | ,, |
| Pérdida total de azogue..... | 18 | ,, |

Esta pérdida considerada como mecánica, resulta igual en este caso á la cantidad de oro obtenido, y en otros casos resulta poco más ó ménos igual. Por consiguiente, no habiendo duda de que la pérdida mecánica debe existir, se comprende que ella próximamente se compensa con el peso del oro que se obtiene, y de aquí es que, adoptando como *consumido* un peso igual á la plata mixta asentada, resulta un faltante ó pérdida de azogue nulo ó generalmente pequeño.

1 El equivalente de la plata siendo 108 y el del mercurio 101, suficientemente se explica por qué la pérdida de mercurio iguala poco más ó ménos el peso de la plata que se extrae. *Nota de Mr. Phillips.*

Cuando en vez de la amalgama de plata se usa la de cobre para empellar los arrastres, los resultados se modifican, porque entónces una parte de este metal sustituye á la plata en sus combinaciones minerales, y por consiguiente sufre un verdadero *consumido*, escusando la pérdida de una cantidad corta equivalente de mercurio.

De estos hechos prácticos bien comprobados en la secuela ordinaria de la extraccion del oro por amalgamacion en los arrastres, se infiere que parte de la plata existente en la masa mineral sujeta á la porfirizacion, se recoge por medio de la amalgamacion, sin más ingredientes químicos que el azogue en unos casos, y en otros la pella de cobre. El monto de esta extraccion parcial se eleva, segun lo expresado anteriormente, del 10 al 12 por ciento de la total plata contenida en el mineral. Esta fraccion siendo poco más ó ménos constante cualquiera que sea la procedencia de los frutos guanajuatenses molidos, se infiere que la plata recogida no es solamente de la mineralizada bajo la forma de sulfuro, como lo asienta Mr. Napier, sino que tiene lugar también con todas las combinaciones preponderantes, bajo las cuales se presenta mineralizada la plata en Guanajuato.

Estraño se hace á primera vista, que cuando se emplea la amalgama de cobre para empellar los arrastres, todo el *consumido*, ó al ménos su mayor parte, no proceda del cobre más bien que del mercurio, que es un elemento ménos electro-positivo; pero por poco que se reflexione se advierte, que el contacto de las superficies de las partículas de mineral argentífero y de amalgama cobriza, no puede efectuarse sino por intermedio del mercurio, que es el que directamente ataca por adherencia dichas partículas, sustituyéndose superficialmente él mismo á la plata en la combinacion atacada. El cobre directamente, como ménos preponderante en la pella, no puede ejercer sino una accion más lenta sobre la plata, y la que se ejerza por intermedio del mercurio, tiene que ser tambien notablemente lenta por su mismo carácter indirecto: en consecuencia, muy limitado el tiempo para que la amalgamacion sea completa bajo de esas circunstancias, en las que únicamente las reacciones químicas se ejecutan por el simple contacto, modificado y renovado por la friccion engendrada por el arrastre, se comprende que la accion dominante tiene que ser la de primera operacion,

ó sea la del mercurio, y por consiguiente este metal es el que en su mayor parte se sustituye en las combinaciones de las cuales queda separada la plata en su estado metálico para formar amalgama. Del cobre que se pierde, una parte tiene que ser por oxidacion, supuesto que, obtenido por precipitacion, muy fácilmente pierde su estado metálico.

El inteligente Ingeniero de Minas, Don Santiago Ramírez, estima que es más conveniente para la extraccion del oro en las tahonas, usar la amalgama de plata más bien que la de cobre. Sus palabras son las siguientes: "Esta sustitucion es ventajosa, 1º por que la pella de plata es más estable, más elástica, y forma, por decirlo así, más cuerpo que la pella de cobre: puede decirse que su poder absorbente es mayor: 2º por que el oro desprendido de su matriz, al incomporarse á la pella de cobre, desaloja una cantidad proporcional de éste, por cuya razon hay más dificultad para que aquel sea retenido, miéntras que en la pella de plata, no habiendo desalojamiento, esta retención se verifica sin dificultad: 3º no habiendo este cambio, que naturalmente implica una pérdida de cobre, la pella seca más pronto, el empleo de mercurio es mayor y el beneficio camina más rápido y por lo mismo más ventajosamente. A estas diferencias se pueden agregar otras, en el mismo sentido, que no expongo por no haberlas visto confirmadas por experiencias directas." [1]

Segun el mismo Señor Ramírez, en la Memoria citada, la ley media en oro del mineral sujeto al tratamiento era de 3, $\frac{75}{}$ adarmes por carga, ó bien 0, 000 045 de la masa, y la cantidad molida diariamente por arrastre era de 5 quintales, perdiéndose del oro el 25 por ciento.

Siendo imposible negar que en el arrastre mismo hay un principio de beneficio relativo á la plata, recientemente se han pedido privilegios para ejecutar el tratamiento por completo en los arrastres, bien sea con los ingredientes, tal como se usan en el patio, ó bien con el uso de los mismos, pero con algunos otros agregados.

Sin duda que esta idea seria de gran porvenir en la práctica si no tuviera algunas graves contrariedades, entre las cuales las principales que pueden estimarse son, la dificultad de apreciar bien el

1 *Beneficio del cuarzo aurífero en el Mineral del Oro* (Estado de México). En "*La naturaleza*," tomo I.—1869—1871—pág. 325.

rendimiento, y después arreglar convenientemente las operaciones de la lava, para separar lo mejor posible la amalgama arrastrada por las lamas. Pero si éstas habrian de pasar al patio para completar ó perfeccionarse el beneficio, la ventaja de tiempo que podria lograrse, pudiera quedar destruida por los mayores riesgos de robo á los cuales quedarian expuestos los arrastres.

El beneficio norte-americano de panes, llena muy complidamente el ojeto que pudiera realizarse en los arrastres; pero del momento no tocaré este asunto con el fin de mencionarlo más adelante.

Con el propósito de mejorar la extracción del oro en los arrastres, se ensayó en Guanajuato hace varios años la amalgama de sodio, descrita en 1866 y llamada por su inventor el Dr. Wurtz "amalgama magnética,"[1] y aunque en las experiencias de laboratorio los resultados que produce son notables, en grande escala, y tratándose de minerales relativamente pobres, comparados con las especies casi puras usadas para pruebas en pequeño, dichos resultados no correspondieron y bien pronto se abandonó su uso.

En el capítulo primero de este libro dí á conocer, que una gran parte de las platas guanajuatenses con ley de oro, procedentes de las raspas, ó sea de la amalgamacion en los arrastres, sin duda, dejan de acuñarse, y se registran directamente para la exportacion en barras, y dejé consignado que el valor de dicha exportacion es anualmente la siguiente, promedio deducido de trece años:

Plata $ 376,366; Oro $ 292,245.

Bajo el supuesto de que el peso de la moneda mexicana de plata y la onza de oro, tengan una medida ponderal de 27, $\frac{07}{}$ gramos, la pasta preciosa que representa ese valor, tendria por peso.

Plata 9.188,228 gramos; Oro 494,442 gramos.

Los metales preciosos de toda ley que deben estar contenidos en estas cantidades, son los siguientes:

Plata 8.294,925 gramos; Oro 432,638 gramos.

En consecuencia, para una parte de plata fina ó pura, procedente de la extraccion del oro, se obtienen de este precioso metal 52 milésimos, ó sean 250 granos (de á 4,800 por marco). Esta deduccion, tomada en general, es la que da una idea de la práctica seguida en Guanajuato para ejecutar la raspa en los arrastres, obte-

1 *American Journal of Sciences and Arts*, vol XI i March 1866.

niendo entre ambos preciosos metales la relacion que acabo de encontrar.

Se comprende perfectamente que este resultado es muy en general, y que entrando á un exámen parcial, esta relacion no en todos eventos es la misma; sin embargo hay casos excepcionales en que el peso de la plata y el del oro se desvian muy notablemente del que á poco más ó ménos acabo de fijar, y esto es forzoso que acontezca, cuando el precioso metal amarillo entra en fuerte proporcion en el mineral. En efecto, aunque rara vez, suele presentarse este caso, tal y como lo indican las siguientes líneas de Mr. Ward: [1]

"Yo mismo he visto minerales de Guarisamey, en la Casa de Moneda de Durango, que contenian 2,100 granos por marco (los hay en la onza de 576 granos). La Mina de Rayas ha producido minerales con 2,700 granos, y 550 granos por marco, es una ley de oro frecuente en la Mina de Villalpando, de Guanajuato."

Estas elevadas leyes de oro reducidas á milésimos, equivalen respectivamente á 437½, 562½ y 114½; por consiguiente Rayas ha llegado á producir metal, conteniendo una cantidad de oro en medida ponderal superior á la cantidad de plata. En casos semejantes, y estando el oro en estado nativo, al sujetar el mineral á la amalgamacion en el arrastre, forzosamente recoge mayor canta dad del metal amarillo que del blanco.

En las vetas de Pinos y en las de las cercanías del Peñon Blanco, dentro del Estado de Zacatecas, suele desaparecer la mineralizacion de la plata por completo, y entónces únicamente el oro metálico, aleado con alguna plata, viene á ser el objeto de la explotacion. En semejantes circunstancias, el tratamiento concluye con la amalgamacion en el arrastre; pero como es consiguiente, el metal precioso obtenido contiene un peso de oro igual ó mayor que el de la plata recogida.

Es de advertir de paso, que las notables variaciones en la relación cuantitativa del oro con la plata, que se dejan observar en las vetas de Pinos, así como en las de Peregrina, Villalpando y el Nayal en Guanajuato, constituyen una prueba clara de que no son siempre los mismos fenómenos los que determinaron el depó-

1 *Mexico in* 1827 etc. London 1828.—vol II, pág. 11.—Nota.

sito en las vetas de cada uno de estos metales; supuesto que hay circunstancias en que la abundancia relativa del uno, no implica la presencia del otro en la escala respectiva.

### TRATAMIENTO EN EL PATIO.

El respetable Ingeniero Don Francisco Glennie se expresa sobre el beneficio de patio de la manera siguiente, en el opúsculo que he venido citando [*Asuntos Mineros*, página 22]: "Llámase así una gran extension superficial cubierta con baldosas bien unidas entre sí para impedir en lo posible que el mercurio se cuele por sus junturas, y teniendo una ligera inclinacion para que el agua de las lluvias pueda correr con facilidad, pero sin que arrastre la lama de las tortas que en él se extienden; llamándose así las grandes masas de mineral molido en que se ha de operar el beneficio. Cuando se tiene reunida en el lamero[1] la cantidad de mineral que debe formar una torta, que generalmente es de 100 montones [147.$^{ts.\ ms.}$303], aunque tambien suelen ponerse mayores, se vacia en el patio, teniendo cuidado de quitar diariamente al lamero la cantidad de agua en exceso que contenga. La lama se recibe en otro estanque provisional formado sobre el patio, en el espacio que ha de ocupar la torta, con vigas gruesas, al cual se llama cajete, y ha de ser de una extension tal que la lama forme una capa de 0.$^{m}$25 á 0.$^{m}$30 de espesor: se la deja en reposo y por medio de pequeñas sangrías se quita el agua que va quedando en la superficie, con lo cual y la evaporacion espontánea, se consigue que á los 4 ó 6 dias la lama esté en el punto conveniente de espesura para salarla, ó sea poner á la torta una cierta cantidad de sal comun ó cloruro de sodio, á cuya operacion, por corrupcion, se le llama *ensalmorar;* pero ántes de hacerla, se saca un ensaye de la lama, para lo cual se toman en toda la extension del cajete pequeñas porciones de lama por medio de una varilla de madera que se introduce hasta el fondo, á fin de obtener mineral de este punto, del medio y de su superficie: la lama así recogida, se revuelve perfectamente bien, y se toma la cantidad necesaria para el ensaye. Es-

1 O sea estanque construido apoyándose sobre alguna pared lateral del patio, con el fin de recibir el depósito de la masa porfirizada, con el agua que la acompaña.

te marca á la torta una ley más baja que la que se ha obtenido ántes por el ensaye de granzas, cuya diferencia proviene de que una parte de la plata se ha quedado en el fondo de los arrastres, y de lo que éstos se han desgastado, pues aumentando la masa de la torta hacen bajar su ley relativa. La cantidad de oro obtenida en este mismo ensaye dará una idea exacta de la que se esté recogiendo en los arrastres, y por consiguiente del grado de perfeccion de esta interesante operacion; siendo de advertirse que los ensayes de las granzas que son la base, así para calcular el precio del mineral, como para estimar los resultados del beneficio, se practican tanto por el minero que los vende, como por el beneficiador que los compra, cuyo contraste por la oposicion de intereses no puede dejar de dar la verdadera ley de los metales con la pérdida natural del procedimiento, habiendo la debida exactitud en las operaciones; y es de advertirse tambien que no es cierto, como han asegurado algunos escritores extranjeros, mal informados, que nuestros ensayes marquen una ley inferior en un 30 por ciento á la verdadera, pues muy léjos de eso, despues del permiso concedido para la exportacion de frutos minerales, se han vendido para europa muchas cantidades, y los ensayes practicados allá han tenido perfecta concordancia con los nuestros.

"La cantidad de sal que se pone á una torta varia segun la ley del mineral, pero no hay una relacion fija, notándose solamente que la variacion tiene lugar en el mismo sentido; es decir, miéntras más alta es la ley, mayor es la cantidad de sal que se pone: así, por ejemplo, cuando la ley es de cuatro á seis marcos [0.$^{k}$92049 á 1.$^{k}$38074], por monton [1$^{ta}$ métrica 473], se echan 5 arrobas [57.$^{k}$53] de sal por cada monton de mineral, lo que corresponde á 3.90 por ciento de la cantidad de lama: si la ley fuere de 6 á 10 marcos [1.$^{k}$38074 á 2.$^{k}$30123], se pondrian 6 arrobas [69.$^{k}$037] de sal ó un 4.68 por ciento del mineral por beneficiar. Al poner la sal á la torta se procura distribuirla con igualdad en toda la superficie, á fin de que la accion sea uniforme en toda su masa.

"El cloruro de sodio constituye el principio activo de la sal y es uno de los agentes indispensables de la amalgamacion: la sal comun que se consume en el beneficio, está acompañada de otros cuerpos de diversa naturaleza, como son: cloruros de calcio y de magnesio, sulfatos de las mismas bases y de sosa, carbonato de

sosa y de cal, alguna tierra y otras sustancias accidentales: como todas estas impurezas son muy variables aun en la sal que se obtiene de unas mismas salinas, é influyen muchísimo en el resultado del beneficio y su duracion, debe ensayarse ántes de ensalmorar la torta para conocer exactamente la cantidad de cloruro de sodio que contenga. Además, debe tenerse presente que la sal de mala clase, ó el no echar la cantidad conveniente, da resultados funestos en el beneficio.

"Una vez ensalmorada la torta con las precauciones indicadas, se da el primer *repaso*, que así se llama la revoltura que se hace de la lama mezclada ya con los ingredientes del beneficio, por medio de unas mulas que se hacen andar continuamente sobre toda la torta por ocho horas (por lo comun se emplean 24 mulas para una torta de 100 montones) (147 toneladas métricas 303).

"Al dia siguiente de haber ensalmorado la torta se pone el magistral y el azogue, cuya operación recibe el nombre de incorporo; debiendo procurarse tambien que estas dos sustancias queden perfectamente repartidas en toda la superficie, lo que no presenta dificultad alguna, puesto que el magistral está en estado de polvo y el mercurio se hace pasar por un lienzo tupido, del que se forman unas bolsas que comprimidas con la mano lo dejan salir bajo la forma de una lluvia menuda. Despues de incorporada la torta, se da inmediatamente un repaso, repitiendo esta operacion cada tercer dia desde las seis de la mañana hasta las dos de la tarde. En el mismo dia en que se repasa, se ejecuta otra operacion llamada *voltear la torta*, que consiste en hacer que las partes que estén en el piso ocupen la parte superior, á fin de conseguir una revoltura perfecta en toda la masa, lo cual se hace tomando los peones la lama con palas que voltean inmediatamente para que se verifique una verdadera inversion y toda la lama reciba igual influencia del paso de los animales, de la combinacion de los ingredientes y de la accion del sol.

"La cantidad de magistral que se emplea en el beneficio varia por muchas circunstancias, siendo las principales la ley del magistral, ó sea la cantidad de sulfato de cobre que contiene, pues se sabe que aquel ingrediente es un sulfuro doble de cobre y fierro, que por la reverberacion pasa al estado de sulfato de los mismos metales, pero mezclado con cantidades variables de óxidos metá-

licos y la matriz; influyen también la clase de mineral por beneficiar y la temperatura atmosférica para determinar la proporcion. En cuanto a la primera influencia, es evidente que mientras mayor cantidad de sulfato de cobre contenga el magistral, menor será la cantidad que se use, pudiendo servir de base que de sulfato puro cristalizado se pone, término medio de 7 á 8 libras (3.$^{k}$322 á 3.$^{k}$682) por cada monton (1.$^{ts.\ ms.}$472) de frutos de una ley de 5 á 8 marcos. (1.$^{k}$1806 á 1.$^{k}$8400): en cuanto á la segunda, es decir, la naturaleza del mineral que se va á beneficiar, sólo la práctica puede determinarla é indicar la mayor ó menor cantidad que debe usarse. Respecto á la tercera influencia, esto es, la temperatura atmosférica, sólo puede decirse que en igualdad de circunstancias debe ponerse ménos magistral en el invierno que en el estío.

"De mercurio se echa generalmente cuatro libras [1$^{k}$ 841] por cada marco [0$^{k}$ 2301] de plata que contiene la torta, segun el ensaye sacado ántes de ensalmorar; más comunmente, segun el ensaye que se obtiene por la cantidad de la plata contenida en las granzas, deducida la que ha quedado en los arrastres. Se pone tambien menor cantidad de mercurio que la indicada; pero en el curso del beneficio se va añadiendo ó cebando otras pequeñas porciones, cuando la tentadura, de que despues se hablará, deja conocer que el azogue puesto ántes se ha empleado ya, y que necesita más para que siga amalgamando. Despues de incorporada y repasada la torta, se hace una prueba llamada tentadura, para juzgar del efecto que han hecho los ingredientes, la cual se practica [diariamente por la mañana, y tambien al medio dia si la torta se hubiese repasado] sacando como media libra de lama de distintos puntos de la torta, ya de la superficie ó del fondo, ó de ambas partes, segun la que se requiera observar: se deshace con los dedos en el agua contenida en una jícara de fondo negro, que es una pequeñita batea formada del fondo de un calabacino, vulgarmente llamado huaje: se deslama [teniendo cuidado de no refregarla contra la jícara ni entre los dedos], mediante adecuados movimientos, con el agua de algun depósito, la que arrastra tambien la parte terrosa é inútil, y despues, poniéndole agua limpia, se da á la jícara un suave movimiento, á fin de que las distintas partes del asiento que ha quedado se coloquen en órden de sus densidades para ser observadas; lo cual acaba de conseguirse por

medio de pequeñas gotas de agua proyectadas con los dedos dentro de la jícara, con cierto artificio, un poco arriba del lugar que ocupa el polvillo de la tentadura.

"Las partes características de ésta son: el desecho, que se ha querido llamar *lis de azogue;* la limadura, el asiento mineral ó polvillo y el glóbulo que forma el mercurio que se ha desprendido. El desecho llamado así porque es el azogue como modificado y muy subdividido, forma una ceja blanca y sin brillo que ocupa la parte superior de la tentadura, por lo cual se le llama tambien la cabeza, y frotada con el dedo se une en pequeños glóbulos de mercurio. La limadura es una ceja blanca, pero brillante, que frotada se reune bajo el dedo pulgar formando una laminita de pella, á que se da el nombre de *pasilla.* El asiento metálico, llamado tambien cuerpo de la tentadura, consta del mineral no beneficiado aún y de algunas de las sustancias que lo acompañan.

"El glóbulo de mercurio que ocupa la parte inferior, produce, comprimido fuertemente con el dedo pulgar, una cierta cantidad de pella, que aumenta á medida que avanza el beneficio de la torta; y á veces, cuando el beneficio está por concluir, no se forma glóbulo, sino que la pella se extiende.

"Si la limadura tiene el color de la pella y al probarla produce poco azogue; si el desecho forma una ceja delgada de un blanco mate; y por último, si el glóbulo tiene un color claro y brillante con pequeños granos en la superficie, y comprimida fuertemente con el dedo produce una amalgama que al rayar con ella la jícara deja una señal blanca, se puede decir que el beneficio está bien encaminado. Si el desecho tiene un color ceniciento y la limadura es un poco opaca y floja, es decir, que está algo recargada de mercurio; si además, el glóbulo aparece de color ceniciento oscuro, y la pella que contiene, separada por la presion, deja al frotar con ella la jícara un rastro de un color blanquecino bien marcado, y se desprende en este acto una especie de humo blanquizco, se dice entónces que la torta está *caliente;* calculando el grado de calor, segun lo más ó ménos marcados que aparecen estos caractéres. Cuando la lis y la limadura son muy escasas y jugosa la última; alargado y deprimido el glóbulo, teniendo además un color amarillento ó negruzco, y la pella que produce al rayar la jícara con ella no deja ningun rastro, se dice que la torta está fria.

"En la tentadura que se obtiene en el repaso que sigue al incorporo, si los frutos no son muy ricos, aparece no más en la parte superior una ceja delgada de desecho y un principio de limadura; así es que en los primeros dias del beneficio, si los frutos son pobres y un poco rebeldes, casi no se tiene otra guía que el color del glóbulo de mercurio: y como las más veces, aun en las tentaduras posteriores, una parte de la limadura se encuentra mezclada con el cuerpo y la otra con el desecho, es necesario, para observar bien los caracteres de la limadura, probar tanto la ceja superior como el cuerpo, principalmente al terminar el beneficio, porque entónces pierde la limadura de la ceja sus caracteres, á causa de su diminucion y de estar mezclada á una gran cantidad de desecho.

"Cuando la torta se ha calentado en los primeros dias del beneficio, se puede corregir el mal, echando una poca de lama de la nueva torta que se esté formando, ó precipitado de cobre; y si el efecto se nota á mediados ó en los últimos dias del beneficio, se evita el mal echando tambien precipitado de cobre, ceniza ó cal.

"El efecto del frio se corrige echando á la torta un poco de magistral ó de sulfato de cobre, que aumente la fuerza.

"Cuando ha caminado bien el beneficio, se nota que á los veinte dias comienza á disminuir la limadura y el asiento metálico que contiene la plata, á la vez que la pella del boton es más abundante, y este efecto se retarda hasta los treinta dias ó más si los frutos no son dóciles.

"Al rendirse la torta se nota un aumento rápito de lis de azogue, que estregada con el dedo se convierte en globulitos de mercurio y desaparece la limadura. Mas aunque estos caracteres son bastante marcados, hay muchos casos en que pueden ser engañosos, lo que acontece principalmente cuando hay exceso de mercurio ó falta de sal, ya por no haber puesto la conveniente al principio, ya tambien por haberla consumido; como sucede cuando se han aplicado algunas de las sustancias ántes mencionadas para bajar la torta, en caso de que se haya calentado, ó ya por que haya sido arrastrada alguna por el agua de las lluvias. Para quitar toda vacilacion, se usan los ensayes de pella que determinan la cantidad de plata que se ha extraido; y unida esta indicacion á los caracteres anteriores, se tiene la certidumbre de que no se puede extraer ya mayor cantidad de plata.

"Estos ensayes no solamente determinan el rendido de la torta, sino tambien el progreso diario del beneficio; siendo curioso el observar que los resultados de ellos van, por decirlo así, paralelos con las señales de la tentadura, segun se han explicado ántes, de modo que ambos medios son una recíproca comprobacion."

Conviene agregar algunas notas por via de ampliacion á esta clara y somera relacion.

*Aumento de la masa mineral en la porfirizacion.*—La friccion constante durante el trabajo de las piedras voladoras contra las de fondo, que componen los arrastres, ya sea directamente entre sí ó ya sea con el intermedio de cierta porcion de la masa mineral sujeta á la porfirizacion, engendra un desgaste en el aparato triturador, cuyos detritus, bajo la forma de lama, se mezclan íntimamente con el mineral porfirizado, aumentando su masa con una porcion estéril, y por consiguiente, disminuyendo su ley en plata en la proporcion relativa á lo que con exactitud se llama *aumento de galera.*

Con el objeto de cerciorarme de la entidad de este aumento de una manera indirecta,[1] tomé los datos detallados necesarios en una hacienda de beneficio de Guanajuato, para obtener como resultado el resúmen siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| Mineral pesado en estado de granza, montones de á 32 quintales | $2536^{37}$ | |
| Plata contenida en este peso, segun el ensaye de granza | $23297^{98}$ | marcos. |
| Plata asentada en los arrastres durante la porfirizacion (ó sea el $11\frac{3}{4}$ por 100). | $2732^{97}$ | ,, |
| Plata que pasó al patio en la lama | $20565^{01}$ | ,, |
| Plata acusada por los ensayes docimásticos de la lama, tomada del patio | $18833^{33}$ | ,, |
| La ley media por monton de 32 quintales acusada por la lama del patio, fué de | $74^{253}$ | ,, |

Dividiendo los $20565^{01}$ marcos, realmente contenidos en la lama del patio, por la ley media producida en el ensaye docimástico de la lama, se obtienen $2769^{58}$ montones para el peso efectivo de la lama que pasó de los arrastres al patio. La diferencia entre

1 Supuesto que la operacion directa de pesar todo el material porfirizador de los arrastres y llevarle cuenta para determinar su desgaste, es excesivamente laboriosa.

esta cantidad..... $2769^{58}$
y la de granza que entró á los arrastres, y que fué de..... $2536^{37}$
produce una resta de *montones* de á 32 quintales de..... $233^{21}$
que es el "aumento de la galera," ó sea el incremento del peso de la granza al pasar por las tahonas, y cuyo incremento es de $9^{19}$ por 100 sobre el peso de la granza.

En Fresnillo, en donde se han usado pórfidos duros para los arrastres, el aumento de galera, determinado por el respetable Profesor Sr. D. Miguel Velázquez de Leon, era de $2\frac{1}{2}$ por 100.[1] En la Hacienda de Sauceda, cerca de Zacatecas, segun comunicacion verbal del Sr. D. Vicente Irízar, Gerente de la Negociacion de San Acacio, el aumento de galera determinado directamente es del 5 al 6 por ciento.

Este aumento es del 8 al 10 por 100 en la Hacienda de Loreto en Pachuca, y del 18 al 24 en la de Regla de Real del Monte [en donde se usa el basalto para los arrastres], segun noticias escritas que se ha servido comunicarme el hábil Ingeniero de Minas D. Manuel M. Contreras.

Estos datos numéricos no deben tomarse como absolutos, supuesto que varian entre ciertos límites, no solamente por la diferencia en dureza que presenta la roca con la cual se construyen las tahonas, en un mismo distrito minero; sino tambien por la variable dureza del mineral, aun tratándose de una misma mina. Estas circunstancias no se han escapado de mucho tiempo atrás á las personas observadoras dedicadas al beneficio en Guanajuato, supuesto que el Sr. Velázquez de Leon consigna el hecho de que el aumento de molienda se graduaba allí entre los límites del seis al diez por ciento.[2]

En razon de este aumento irregular de la masa mineral que pasa al patio, no se tiene ya la costumbre en Guanajuato de guiarse por el ensaye docimástico de la lama, para juzgar del buen ó mal rendimiento de las tortas, al terminar su beneficio. En efecto, la práctica de muchos años dió á conocer, que frecuentemente las tortas daban un aumento de plata sobre la que se tenia calculada por el ensaye docimástico, tomado de la torta ya tendida en el patio, y á veces producian una cantidad de plata menor. Entre otras

1 *Anales Mexicanos.*—México.—1860.—Pág. 136.
2 *Anales Mexicanos.*—México.—1860.—pág. 137.

causas para producir estas fluctuaciones, una de las principales sin duda, seria el aumento de molienda, supuesto que, en el evento de que éste ascendiera al diez por ciento, y la pérdida de la plata en el patio al ocho por ciento, conocidamente deberia presentarse un aumento en la cantidad de plata obtenida sobre la calculada.

Los ensayes de la lama, si acaso se llegan á ejecutar, es simplemente por vía de reconocimiento; pero la costumbre trata de generalizar hoy en Guanajuato el sistema de formar grandes tortas, de 100 á 150 montones y aún más, cuyo contenido original en metales preciosos se conoce por los ensayes cuidadosos practicados sobre la granza. Despues de la porfirizacion de la torta, se raspan los arrastres en los cuales se ejecutó la molienda, y mediante el resultado de esta operacion, se sabe la cantidad de metales preciosos asentados en las tahonas, y por consiguiente resulta por diferencia la plata que pasó al patio en cada torta, con lo cual es fácil formar la liquidacion del rendimiento.

*Formacion de las tortas y repasos.*—Vaciada la cantidad de masa mineral porfirizada que ha de componer una torta, del estanque de mampostería llamado *lamero*, en donde se va depositando á la salida de los arrastres, y circunscrita la lama al sitio del patio que ha de ocupar la torta, se procede á desecarla segun lo descrito anteriormente. Para formarme idea del agua que entra en la composicion de las tortas, ensayé por humedad muestras tomadas de algunas, procedentes de frutos del terrero de Fraustros y de la mina de Mellado, en Guanajuato, obteniendo los resultados siguientes:

| | | |
|---|---|---|
| *Cajete* muy fluido (ó sea torta recien tendida en el patio y en vía de desecacion, sin ensalmorar) | 37 | por ciento de agua. |
| Torta fluida *parada*, ó sea sin repasar | 30 | ,, ,, ,, ,, |
| Torta en estado de pastosidad regular, andando, ó sea en repaso | $29^3$ | ,, ,, ,, ,, |
| Idem idem idem en repaso | $27^6$ | ,, ,, ,, ,, |
| Torta espesa y sin repasar | $26^6$ | ,, ,, ,, ,, |

Así pues, de un tres á un cuatro por ciento en la cantidad de agua deciden sobre el estado conveniente de fluidez de una torta.

En Zacatecas y Fresnillo se sigue la costumbre general de que

la lama de las tahonas se hace correr directamente al patio, por medio de canalones de madera movibles, improvisando el estanque cuadrado del lamero, con largos maderos ajustados entre sí con una pasta compuesta de lama mineral ya beneficiada y de estiércol de caballerías: la desecacion espontánea, por una parte, y más eficazmente por la otra, las sangrías cuidadosamente ejecutadas para dar salida al agua superficial destituida ya de partículas minerales, concluyen por dejar la torta en el estado de pastosidad conveniente para emprender el beneficio, quitando de antemano los maderos que sirvieron para formar el lamero.

La torta en el estado conveniente de fluidez exige desde luego el repaso, para homogenizar la masa y proceder al *ensalmoro*.

En los distritos mineros de importancia del centro del país, se realiza el repaso en lo general por medio de mulas ó caballos más ó ménos inutilizados para un servicio activo. En Guanajuato pude observar, que el repaso se practicaba con buen éxito en la Hacienda de San Francisco de Pastita, por medio de máquinas de repasar, confinando la torta en una superficie anular semejante á la de una tahona, pero de un diámetro mucho mayor.

El poste central tenia cuatro ó cinco metros de diámetro, y en su centro se levantaba un eje fijo provisto de un piñon que tambien le estaba fijo, ambos de fierro. Dos maderos horizontales y paralelos armados interiormente de varillas de hierro dentadas, formaban un bastidor sólido, que encerraba en su interior el eje con el piñon: un mecanismo sencillo permitia desengranar una de las varillas del bastidor y engranar la otra. Arreglado el mecanismo de este modo, al girar el bastidor sobre el eje, caminaba todo él en un sentido, obligado por el engrane con el piñon fijo, y si al terminar su movimiento rectilíneo horizontal, se cambiaba el engrane á la varilla opuesta; entónces, girando el bastidor hácia el mismo lado, su movimiento rectilíneo cambiaria en sentido contrario. Sobre la cara superior del bastidor estaba aplicado un espeque, inserto al eje ó pivote central de hierro, de tal manera que podia atraer al bastidor en su movimiento de rotacion, sin entorpecerle su movimiento rectilíneo: este espeque sobresalia del local de la torta, para aplicarle dos animales que ponian el oparato en movimiento, y por dentro del local estaba provisto de una rueda semejante á la de los carruajes, con el fin de darle apo-

yo al espeque. Por la extremidad del lado del espeque, el bastidor móvil, en su movimiento de rotacion, arrastraba sobre la lama de la torta, un armon compuesto de dos ruedas móviles montadas sobre un solo eje: cada una de estas ruedas tenia asegurados á los camones, unos barrotes de madera que sobresalian por cada lado de la superficie del camon y paralelamente al eje, unos tres decímetros. Las ruedas mismas, al girar sobre la lama, y los barrotes de que estaban provistas ejecutaban el repaso de la torta. El movimiento rectilíneo del bastidor, producia el efecto de que el armon describiera sobre la torta espirales del exterior al interior y *viceversa*.

Segun el resúmen de más de cien tortas repasadas con máquina en la Hacienda de San Francisco de Pastita, aparece que el beneficio de patio era un poco más lento, pudiéndose estimar en cinco dias próximamente el retraso medio del repaso de máquina comparado con el de mulas. La explicacion de este hecho es bien sencilla, supuesto que, conocidamente la máquina, que segun lo dicho ya, era únicamente un armon, agitaba la masa mineral con menor actividad que las mulas andando sobre las tortas, y es un hecho demostrado que las reacciones del patio marchan con tanta mayor rapidez, á igualdad de temperatura, cuanto más enérgico es su repaso.

*Sal.*—Queda dicho con anterioridad que á la torta, en el estado conveniente de pastosidad, se le agrega la sal marina.

De los interesantes apuntes relativos al país, escritos por el Señor Don Miguel Velázquez de Leon, notable Profesor de Metalurgia de la Escuela Práctica de Minas del antiguo Colegio Nacional de Minería, de la Ciudad de México, y cuya Escuela por varios años tuvo su radicacion en el Mineral de Fresnillo, del Estado de Zacatecas; de los apuntes, repito, que ministraba á sus discípulos, entre los cuales tuve la honra de contarme, tomo los siguientes párrafos dispersos en el artículo dedicado á este ingrediente:

"El cloruro de sodio que constituye el principio activo de la sal marina, es uno de los agentes indispensables de la amalgamacion; pero la sal comun que consume la minería está acompañada de otros cuerpos de diversa naturaleza, segun su procedencia: los principales cuerpos solubles son los cloruros de calcio y de mag-

nesio, sulfatos de las mismas bases y de sosa, carbonatos de sosa y materias orgánicas; en la parte insoluble se encuentran siliza, arcilla, carbonato de cal, tierra vegetal y otros compuestos accidentales.

"La saltierra consistia en eflorescencias de sal marina y tequezquite (sesquicarbonato de sosa) que se forman en la superficie de las lagunas saladas, en el tiempo de secas, y que se raspan en la misma estacion, arrancando con ellas una gran parte de la costra terrosa del suelo; de manera que la saltierra apénas contenia un quinto, cuando mucho, de cloruro de sodio y tequezquite, que es una mezcla nociva en el beneficio, y cuatro quintas partes de sustancias terrosas, inertes é inútiles, cuyo flete por consiguiente era un gasto enteramente perdido.

"Hácia el año de 1841, el Sr. Pollard propuso á los arrendatarios de las lagunas del Peñon Blanco, fabricar sal cristalizada y pura, disolviendo la contenida en la saltierra y separándola por la evaporacion espontánea; pero los costos de la fabricacion fueron demasiado altos para que la sal obtenida pudiese competir en precio con la de las costas. Afortunadamente, al abrir un pozo en el vaso seco de la laguna, con el fin de procurarse el agua dulce necesaria para la fabricacion, se observó bien pronto que esta agua, que cerca de la superficie de la laguna marcaba solamente de 3° á 5° del Arcómetro de Baumé, á la profundidad de cuatro metros marcaba ya 15°, debiendo esta densidad á las sales que contiene disueltas, y se resolvió en consecuencia, establecer la fabricacion, evaporando el agua de estos pozos en grandes *pilas* cuadradas, de 50 varas de lado y de 9 á 10 pulgadas de profundidad, cuyo suelo está formado de losas sentadas sobre un grueso cimiento de mampostería. Desde entónces cesó el consumo de saltierra, que sólo usan en algunas haciendas de muy poca importancia, y tambien se ha limitado al consumo de sal de la costa.

"Recientemente (el año de 1857) se ha abierto en el vaso de la laguna principal del Peñon Blanco, un pozo artesiano de gran diámetro ($0^m34$) que se llevó hasta la profundidad de 127 metros para ver á qué nivel está el agua más cargada de sal y hé aquí los resultados que se obtuvieron:

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | 9.32 m | 9° | Baumé. |
| ,, | 16.14 | 11° | ,, |
| ,, | 23.44 | 12° | ,, |
| ,, | 41.13 | 13° | ,, |
| ,, | 47.55 | 15° | ,, |
| ,, | 71.16 | 18° | ,, |
| ,, | 103.16 | 15° | ,, |
| ,, | 115.72 | 16° | ,, |

"El agua más cargada de sal se encuentra entre 70 y 80 metros en este pozo, que se halla entubado hasta esa profundidad, y del cual se sacará el agua con una bomba de $0^m20$ de diámetro, para evaporarla á una alta temperatura en grandes calderas de palastro que deben estar ya establecidas para el efecto. La escasez y carestía del combustible (pues la leña vale en Salinas de 9 á diez reales carga) y la corta dosis de sal que contiene el agua, no son circunstancias para el buen éxito de este procedimiento.

"Hasta ahora toda la sal que producen las salinas del Peñon Blanco, se obtiene por evaporacion espontánea.

"En la parte Norte y Noreste del Estado de Zacatecas, hay muchos lagos salados que han comenzado á explotarse de pocos años acá. La salina más importante de las planteadas en esta region es la de Chichimequillas, que dista unas doce leguas al Norte del Fresnillo: ya en el año de 1856 producia 14 á 15,000 cargas al año. Más cerca del Fresnillo se encuentran las salinas de Santa Rita, mucho ménos productivas, y casi al Poniente de aquel Mineral están las del Agrito y San Cosme; las primeras producen una sal muy pura, pero las aguas son pobres y poco abundantes; no así las de las salinas de San Cosme, que por su abundancia y riqueza en sal, deben llegar á producir grandes cantidades de este ingrediente. El estado siguiente manifiesta la composicion de las aguas de estas dos salinas, cuyas análisis fueron hechas en el laboratorio de la Escuela Práctica de Minas del Fresnillo.

| PRINCIPIOS QUE ENTRAN EN SU COMPOSICION. | AGRITO. | | | | | SAN COSME. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Núm. 1. | Núm. 2. | Núm. 3. | Núm. 4. | Núm. 5. | |
| Cloruro de sodio..... | 1,961 | 1,770 | 2,390 | 1,575 | 1,210 | 6,677 |
| Sulfato de sosa..... | 0,268 | 0,258 | 0,930 | | | |
| Sulfato de magnesia. | ..... | 0,110 | ..... | 0,605 | 0,540 | 6,087 |
| Carbonato de sosa.... | 0,033 | 0,017 | 0,114 | | | |
| Materia orgánica..... | ..... | ..... | 0,132 | | | |
| Agua y pérdida..... | 97,738 | 97,845 | 96,434 | 97,820 | 98,250 | 87,236 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.000 |

"El número 1 es del agua que brota á la profundidad de 14 varas, y que marca dos y medio grados de Baumé.

"El número 2 es de la que sale á 21 varas de la superficie, y marca 2° Baumé.

"El número 3, agua más rica que se obtuvo á las 15 varas de profundidad, en Agosto de 1855.

"Numero 4, agua que servia para la elaboracion de la sal en Mayo de 1856.

"Número 5, otra descubierta en Junio del mismo año.

"Las diversas fábricas de sal del Peñon Blanco producen seis clases diferentes de este material. El *lomillo*, que es una sal de grano muy fino y muy blanco, y es la primera que cristaliza en las pilas, del lado de donde sopla el viento: es la sal más pura; pero se produce en poca cantidad y se vende para el uso doméstico. La sal *grano* de primera clase, se expende para el mismo uso, pero tambien suele consumirla la minería de Guanajuato. La *sal de Guanajuato*, que se llama así por ser la que se consume generalmente en el Mineral de ese nombre, es un poco inferior á la sal grano de primera clase, pero superior á la siguiente que es: La sal de segunda que se consume en Zacatecas y el Fresnillo de preferencia; contiene más partes insolubles que las clases precedentes.

"Las cuatro mencionadas se cosechan en pilas de suelo artificial, á diferencia de la *sal costra*, que se elabora en pilas que tienen por suelo la superficie arcillosa de la laguna, y que al cosecharse arrastra consigo naturalmente mucha tierra. La quinta clase es la *sal de la laguna*, que cristaliza espontáneamente en el vaso sin necesidad de pilas, y que se recoge en los meses de la seca: es mucho más impura que la anterior, pero ménos que la última clase, que es la *sal tierra* ó tierra de vaso de la laguna más ó ménos inpregnada de partes salinas.

"A continuacion ponemos unas análisis de sales hechas en el laboratorio de la Escuela Práctica de Minas en Fresnillo, procedentes de las salinas del Agrito, comenzando en el número 1 con la clase inferior.

---

*Muestras de sal de Agrito, Estado de Zacatecas.*

| | Núm. 1. | Núm. 2. | Núm. 3. | Núm. 4. | Núm. 5. | Núm. 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cloruro de sodio..... | 61,540 | 65,980 | 87,048 | 90,350 | 96,625 | 97.074 |
| Sulfato de sosa, con poca magnesia ..... | 36,380 | 28,600 | 11,132 | 6,900 | 3,375 | 2,926 |
| Partes insolubles compuestas de carbonatos de cal y magnesia, sílice, arcilla y materia orgánica... | 2,080 | 5,420 | 1,820 | 2,750 | ..... | ..... |
| Suma..... | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |

"Cada una de estas clases de sal equivale, en la nomenclatura usada en Peñon Blanco, á *sal tierra*, *costra*, *de segunda*, *de Guanajuato*, *grano* y *lomillo*.

"Las sales que provienen de Peñon Blanco, cuyas salinas son las más productoras del interior del país, por lo general son más puras y de consiguiente más ricas en cloruro de sodio. La sal costra de allí ensaya de 84 á 86 por ciento de esa sustancia; la llamada de Guanajuato de 92 á 95 y la sal grano de 95 á 99 por ciento. Tienen además otra ventaja las sales de esa localidad, y es que raras veces contienen cantidades apreciables de carbonato de sosa, cuyo compuesto, como verémos despues, es nocivo en el beneficio.

"La sal corriente de Chichimequillas contiene en cien partes:

| | |
|---|---|
| Cloruro de sodio..... | 76.87 |
| Sulfato de sosa y trazas de magnesia.. ..... | 20.20 |
| Parte insoluble..... | 2.93 |

"La que produce una de las salinas más recientes situadas al Noreste del Fresnillo, llamadas de la Blanca, tienen por composicion:

| | |
|---|---|
| Cloruro de sodio..... | 69.70 |
| Sulfato de sosa y magnesia..... | 30.30 |

"Durante la escasez de sal que sobrevino á fines de 1855, se volvió al uso de la sal tierra en los distritos de Zacatecas y Fresnillo, cuyo uso habia sido abandonado hacia algunos años, y se empleó la que provenia de las salinas de Santa Clara, situadas dos leguas al Noroeste de la Villa de Cos, y diferentes sales impuras de las salinas del Morro y del Salitral de Carrera. Las de Santa

Clara tenian una composicion muy variable, como lo manifiestan los ensayes siguientes:

| | Nº 1. | Nº 2. | Nº 3. | Nº 4. | Nº 5. | Nº 6. | Nº 7. | Nº 8. | Nº 9. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cloruro de sodio.. | 6.33 | 8.10 | 11.80 | 13.98 | 14.60 | 14.85 | 15.06 | 16.94 | 17.76 |
| Total de partes solubles por 100.. | 14.14 | 18.80 | 20.37 | 23.76 | 24.40 | 35.80 | 24.59 | 24.98 | 27.89 |

"La parte soluble consistia, aparte del cloruro de sodio, en sulfato de sosa y poco carbonato de la misma base; las insolubles contenian carbonato de cal, arena, óxido de hierro y materia orgánica en proporciones variables.

Las muestras de sal procedentes del Morro y del Salitral de Carrera, dieron al análisis la composicion siguiente:

| | MORRO. | SALITRAL. |
|---|---|---|
| Cloruro de sodio | 93.00 | 69.65 |
| Carbonato de sosa | 4.25 | 8.00 |
| Sulfato de sosa | Inapreciable. | 16.27 |
| Partes insolubles | 2.75 | 6.08 |
| Suma | 100.00 | 100.00 |

"El Morro produce además las clases siguientes más impuras:

| | Espumilla blanca. | Espumilla prieta. | Sal tierra. | Sal costra. |
|---|---|---|---|---|
| Cloruro de sodio | 94.28 | 79.64 | 51.16 | 76.12 |
| Carbonato de sosa | 2.50 | 7.50 | 9.50 | 5.00 |
| Materia inerte en el beneficio | 3.22 | 12.86 | 39.34 | 18.88 |
| | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

"En la Hacienda nueva de Fresnillo, hay una gran rezaga de sal procedente del Morro, comprada en 1838, la cual fué necesario emplear en el beneficio de patio durante la escasez dicha. Hé aquí su composicion en 100 partes:

| | |
|---|---|
| Cloruro de sodio | 37.26 |
| Carbonato de sosa | 28.22 |
| Sulfato de sosa | 17.28 |
| Sustancia insoluble | 17.24 |

"La fuerte dósis que contiene de carbonato de sosa, hace que se emplee con muy mal éxito en el beneficio, excepto sólo cuando se trata de enfriar las tortas.

"De las sustancias extrañas que contiene siempre la sal, ésta es la única nociva, y por lo mismo debe restringirse mucho el uso

de este ingrediente cuando tiene esa impureza. Las sustancias insolubles y las demás que se disuelven son materias poco más ó ménos inertes en las reacciones del beneficio, y su presencia es mala solamente bajo el punto de vista de la compra, supuesto que se pagan tambien las materias extrañas como si fuesen sal:

"La sal tierra que se cosechaba en las salinas del Peñon Blanco ántes que se fabricase la sal grano, presentaba la composicion siguiente, segun análisis hecha en la Escuela de Minas de Paris:[1]

| | | |
|---|---|---|
| Materias solubles 0.212 | 0.190 | cloruro de sodio. |
| | 0 022 | sulfato de sosa. |
| Materias insolubles 0.712 | 0.136 | carbonato de cal. |
| | 0.016 | carbonato de magnesia. |
| | 0.098 | óxido de fierro. |
| | 0.462 | arcilla y arena. |
| Agua y materias orgánicas..... | 0.076 | |
| | 1.000 | |

"Los caracteres exteriores para reconocer una buena sal son: que esté en cristales finos, compactos y semi-traslucientes, color blanco uniforme, sabor puro que no sea ni amargo ni alcalino; humedecida y puesta sobre papel tornasol rojo, no lo ha de manchar de azul. La sal no ha de ser delicuescente, y debe tener poca humedad; calentada ha de decrepitar ligeramente y no se ha de fundir fácilmente; en el agua debe disolverse pronto y sin ruido, y debe dar una solucion limpia.

"Los prácticos creen generalmente que una sal de grano grueso es mejor que la cristalizada en cubos pequeños; pero todas las personas medianamente versadas en los conocimientos químicos, saben que las sales, son tanto más puras cuanto más pequeños son sus cristales. Cuando la sal está en costras ó en aglomeraciones grandes de cristales, es preciso quebrantarla ántes de agregarla á las tortas. Cuando los granos son blancos y opacos, puede tener la sal sulfato y carbonato de cal interpuestos; el sabor amargo indica la presencia de los sulfatos de sosa y de magnesia en cantidad notable y el sabor alcalino, la mezcla de carbonato de sosa. La sal delicuescente contiene cloruro de magnesio, y la que se funde fácilmente al calor, tampoco es pura, porque la fusion indica la mezcla de sales que tienen agua de cristalizacion.

1. *De la Production de Métaux Précieux au Mexique, par St. Clair Duport.* Paris.—1843.—pág. 91.

"Pero por muy útiles que sean estos caracteres exteriores para conocer la calidad de la sal, nunca pueden dar una idea exacta de su pureza, ó como dicen los prácticos, de su *fuerza* en el beneficio. Tampoco puede darlo el ensaye que acostumbran hacer de la sal, que consiste en determinar la cantidad de materias solubles que contiene. Es preciso determinar la cantidad de cloruro de sodio puro que hay en la sal. Cuando por un reconocimiento preliminar se ha encontrado que contiene carbonato de sosa, es preciso tambien averiguar la cantidad en que se halla este compuesto, tan nocivo en el beneficio; sólo por estos medios llega el azoguero á saber á qué precio debe comprar la sal, y la cantidad en que debe usarla en la amalgamacion.

"Por fortuna el ensaye de la sal por líquidos normales, para determinar la cantidad de cloruro de sodio y de carbonato de sosa, es muy rápido y expedito, y da resultados muy exactos, aun en manos medianamente ejercitadas."

El siguiente cuadro, dice Mr. J. Arthur Phillips,[1] presenta la composicion de cuatro ejemplares de sal procedente de remesas de Salinas, analizadas por Napier.

| | Núm. 1. | Núm. 2. | Núm. 3. | Núm. 4. |
|---|---|---|---|---|
| Cloruro de sodio..... | 96.623 | 91.141 | 90.422 | 86.853 |
| ,, ,, magnesio..... | 0.008 | 2.538 | 2.520 | 0.044 |
| ,, ,, calcio..... | 0.114 | 1.574 | 1.310 | 0.125 |
| Sulfato de potasa..... | Vestigios. | 3.141 | 3.556 | 0.029 |
| ,, ,, sosa..... | 3.255 | ..... | ..... | 12.949 |
| ,, ,, cal..... | ..... | 1.606 | 2.192 | ..... |
| | 100.000 | 100.000 | 100.000 | 100.000 |

*Magistral.*—En los distritos mineros centrales del país, se ha restringido el uso de este ingrediente, desde que el sulfato de cobre cristalizado extranjero se puede obtener en ellos á un precio de 8 á 10 centavos libra. No faltan casos, sin embargo, en que es fácil lograr alguna economia con el uso de un buen magistral. No será pues, fuera de propósito trasmitir algunas de las apreciaciones del Profesor Sr. Velázquez de Leon, ya citado, sobre esta materia mineral:

1. *The Mining and Metallurgy of Gold and Silver.*—London.—1867.—pág. 326.

"El sulfuro de cobre y fierro que conocemos con el nombre de *cobre amarillo* ó *pirita cobriza* (*chalco-pirita*) es el ingrediente que despues de reverberado toma el nombre de *magistral* y se asocia con la sal marina para la cloruracion de la plata en el beneficio de patio; pero en general cualesquiera sustancias que contengan cobre y azufre pueden servir para producir, por medio de una reverberacion conveniente, el sulfato de cobre que constituye la parte activa del magistral.

"Así como se sustituye algunas veces al cobre amarillo, una mezcla de piritas de fierro con óxidos de cobre y cobre carbonatado, por la misma razon suple con igual eficacia, el sulfato de cobre que se produce en las oficinas de apartado, al magistral preparado con sulfuros de cobre.

"Los distritos mineros de la parte central de nuestra República usan para la preparacion del magistral, el cobre amarillo de las minas de Tepezalá, en el distrito de Asientos de Ibarra, perteneciente actualmente al Estado de Aguascalientes, y situado á unas once leguas al Nornoreste de la Capital.

"Los magistrales constan generalmente de cobre amarillo que llaman *abronzado*, y muy rara vez de cobre sulfúreo (*acerado*) y cobre abigarrado, que llaman *rosicler;* las matrices son piedra radiante con muy poco cuarzo y espato calizo, y accidentalmente granate amarillo ó colofonia. El cobre nativo es sumamente raro así como el cobre gris.

"Segun su grado de riqueza se clasifican los magistrales en: *Pepena*, que es la parte más poblada de pinta metálica que se aparta en el quebradero; *media pepena*, que contiene ménos pinta; el *ordinario* que es el más pobre que se separa en el quebradero; las *tierras concentradas* ó sea el asiento rico que queda en la planilla al lavar las tierras de la mina, y por último, las *tierras ordinarias* que se agregan al magistral ordinario en la proporcion de 1 á 16.

"Los caracteres del cobre amarillo son bien conocidos y sirven para reconocer á primera vista la calidad del magistral; se distingue aquel mineral de la pirita de fierro, por su menor dureza y por el polvo verde que da en la raspadura; pero sólo el ensaye por cobre puede dar idea de la riqueza del magistral para pagarlo á su justo precio.

"El magistral de Tepezalá, como las piritas ordinarias de Fahlun en Suecia, contiene una corta dósis de selenio, que probablemente se concentra en el *mate* al hacer el ensaye. Me ha parecido advertir que todo el cobre amarillo que lo contiene, decrepita ligeramente en la reverberacion.

"Para preparar el magistral, se grancea en morteros el mineral de cobre amarillo y se muele en seguida en arrastres. Como este mineral es quebradizo y blando y no hay neeesidad de reducirlo á lama muy fina, se cargan en cada arrastre en cantidad de 10 á 12 quintales, que salen molidos convenientemente á las doce horas. Tambien se le agrega en la molienda mucha ménos agua que á los minerales de plata auríferos.

"Despues de molido se vacia en *cajetes* formados con vigas, donde parte del agua se escurre y parte se evapora, quedando medianamente seco el polvo molido. Los prácticos y los operarios creen que es ventajoso hacer *podrir* el magistral, dejándolo mucho tiempo húmedo y expuesto á la accion del aire, y en efecto, la descomposicion y oxidacion de las piritas, que comienza bajo estas circunstancias, debe favorecer la posterior accion del reverbero, estando ya medio desagregadas y comenzadas á oxidar las moléculas de los sulfuros.

"Los hornos de reverbero que se usan comunmente para la quema del magistral son muy defectuosos, y consumen mucho más combustible del que debe ser necesario para la operacion.

"La teoría de la reverberacion es muy sencilla: Cuando se calienta á un calor rojo oscuro y al contacto del aire el cobre amarillo $Cu^2 S, Fe^2 S^3$ reducido á polvo, una parte del azufre se desprende, quemándose al combinarse con el oxígeno y formando gas sulfuroso; el resto del azufre se oxida tambien, pero pasando al estado de ácido sulfúrico, que se combina con los óxidos de fierro y cobre, formando proto y persulfato de fierro y sulfato de cobre, que quedan tambien mezclados con peróxidos de fierro, protóxido y bióxido de cobre. Este es el resultado de la calcinacion, si se suspende luego que ha cesado todo olor de gas sulfuroso; continuando el fuego y la accion del aire, el protosulfato de fierro se convierte en persulfato, y se descompone en seguida, quedando al último una gran cantidad de sulfato de cobre mezclado con muy poco persulfato de hierro, mucho peróxido del mismo metal y una

pequeña porción de bióxido de cobre. Si el fuego es demasiado fuerte ó dura más tiempo del necesario para esta última trasformacion, se desprende el ácido sulfúrico, que se descompone en parte en gas sulfuroso y oxígeno, y en parte se volatiliza sin alterarse.

"La preparación del magistral exige detenerse en el segundo período, dando sólo el calor suficiente para descomponer los sulfatos de fierro, sin alterar el sulfato de cobre.

Prescindiendo de las reacciones intermedias, la que determina la trasformacion del cobre amarillo en magistral, puede expresarse por la fórmula siguiente:

$$Cu^2 S Fe^2 S^3 + 13 O = 2 (Cu O S O^3) + Fe^2 O^3 + SO^2.$$

Segun esta fórmula, es fácil ver que el magistral aumenta considerablemente de peso despues de la calcinacion, circunstancia que no sólo desconocen los azogueros prácticos, sino que la niegan como imposible, pero que comprueban la teoría y la experiencia.

"Segun los datos numéricos correspondientes, el cobre amarillo puro aumenta de peso en la calcinacion en la razón de 184 es con 240; esto es, un 31,43 por 100, y debe dar de sulfato de cobre anhidro, cerca de 87 por 100 de su peso.

"Las verdaderas pruebas de una buena reverberación, consisten en que la mayor parte del cobre del mineral se halle en el estado de sulfato anhidro ó hidratado, y en que haya la menor cantidad posible de óxido y de sulfuro de cobre, porque la presencia del primero indica que fué excesivo el calor y se descompuso, y la del segundo que se aglomeró el mineral, ó que no hubo bastante calor ó bastante aire para la reacción.

"También la presencia del carbonato de cal en las matrices es nociva, porque en la calcinacion y en el mismo beneficio descompone una parte del sulfato de cobre.

"Antiguamente, segun nos refiere Sonneschmidt, acostumbraban en algunos distritos mezclar al magistral en la reverberacion 10, 15 y hasta 20 por 100 de sal marina, cuyo objeto era, sin duda, formar bicloruro de cobre en vez de sulfato, y dice tambien que este magistral era ménos eficaz en el beneficio que el preparado por el método ordinario. Y debía serlo efectivamente, sobre todo, cuando no se usase inmediatamente despues de preparado, pues

el bicloruro de cobre se descompone fácilmente en presencia de la humedad y al contacto del aire y de los óxidos metálicos, convirtiéndose en oxicloruro, que parece inerte en la amalgamacion; además, el bicloruro de cobre es bastante volátil, y al calor pierde su cloro con mucha más facilidad que el sulfato su ácido.

"La teoría y la experiencia comprueban que el sulfato de fierro trasformado en cloruro, cuando se disuelve en una solucion de sal, obra también sobre los sulfuros de plata en el beneficio, aunque con mucha ménos energía que el sulfato de cobre. Fundándose en esto, suelen preparar en algunos distritos una variedad de magistral, reverberando piritas de fierro con un tanto igual á su peso ó á la mitad de él, de magistral cobrizo. Este ingrediente, aunque mucho más económico que el magistral comun, necesita emplearse en grandes dósis en el beneficio y nunca puede obrar con la actividad que el magistral de cobre amarillo.

"Pero no sólo este mineral de cobre sirve para preparar el magistral; los compuestos oxidados unidos con la cantidad conveniente de pirita, dan muy buen magistral por la reverberacion. Así se usaban en tiempos anteriores en Fresnillo los cobres atabacados, carbonatados y silicatados de Mazapil para preparar el magistral, abandonándose después este método por la baja en el precio del cobre amarillo de Tepezalá.

"No es posible fijar la cantidad de magistral que se gasta en el beneficio, porque depende, en primer lugar, de su calidad que es muy variable; en segundo, de la de la sal, que como hemos visto puede neutralizar mucha parte del sulfato de cobre del magistral; por el carbonato de sosa que puede contener; y por último, de la clase de mineral á que se aplica. Las pintas que contienen plata nativa, ó sulfuro simple, sin mezcla de galena y blenda, son las que consumen menos; las que por el contrario tienen mucha galena rica, son las que necesitan más magistral, y entre estos dos extremos se encuentran un gran número de términos que dependen de las combinaciones de las pintas. A veces se presentan minerales cobrizos, que por el contacto del aire y por la descomposicion que origina, tienen ya formados sub-sulfatos de cobre, y éstos, léjos de necesitar *magistral*, requieren un *correctivo* de ceniza ó cal para sujetarlos al beneficio: de esta naturaleza son los que se presentan en la veta principal de Proaño, hácia el Poniente."

Podría citar muchas análisis de magistrales reverberados que tengo á la mano, con el fin de dar á conocer las cantidades de sulfato, óxido y sulfuro de cobre que entran en su composicion. Antiguamente esta operacion en Guanajuato era imperfecta en no poco grado, segun se desprende de la análisis ejecutada por Mr. Berthier, de la cual da cuenta Duport,[1] y de las seis análisis practicadas por Mr. Napier, conforme las trascribe Mr. J. Arthur Phillips.[2] Se desaprovechaba hásta el 40 por 100 del cobre contenido en el magistral, y pocas veces bajaba ésta cantidad al 10 por 100. Posteriormente se procuró cuidar la reverberacion para no dejar sulfuro de cobre sin descomponer, ni que el sulfato producido pasara al estado de óxido de cobre, y de esta manera los resultados mejoraron mucho.

El Profesor D. Vicente Fernández[3] en 1878, cita el exámen de dos magistrales, en los que el cobre se encontraba del todo trasformado en sulfato, y por consiguiente la reverberacion habia sido perfecta.

En Guanajuato, ántes de que el Ferrocarril Central avanzara para el Norte, el precio del Magistral de Tepezalá era subido, pues valia de $ 14 á $ 16 la carga de doce arrobas, con una ley de 22 á 24 por 100 de cobre. Suponiendo que la quema se ejecutase con perfeccion, se obtendria el quintal de sulfato, supuesto hidratado, á un precio casi doble del que guarda actualmente en esa plaza: esto deja conocer por qué motivo hoy se encuentra muy extendido en Guanajuato el uso del sulfato de cobre.

En Zacatecas tuve ocasion de efectuar una comparacion en 1887, entre el sulfato de cobre cristalizado y el magistral comprado para la hacienda de Sauceda, obteniendo de ella lo siguiente:

El magistral comprado sujeto á la molienda y á la quema resultaba á un costo de $ 4.00 por carga de 12 arrobas.

Contenía la carga 72 libras de sulfato de cobre, supuesto hidratado; en consecuencia, el quintal de este compuesto se obtuvo á $ 5.55. El sulfato de cobre estranjero cristalizado se compraba entónces á $ 11.00 el quintal en Zacatecas, por consiguiente, este

1 *De la Production de Métaux Précieux au Mexique.* Paris, 1843, p. 96.

2 *The Mining and Metallurgy of Gold and Silver.* London, 1867, p. 324.

3 *Práctica del beneficio de los minerales de plata auríferos en Guanajuato.* "*La Naturaleza,*" tomo IV. México, 1879. Apéndice, p 8.

precio siendo doble del conseguido para el sulfato del magistral, por razones de economía, á este ingrediente se le tenía que dar la preferencia.

*Cal, Ceniza, Tequezquite, Precipitado de cobre y Amalgama de zinc.* —De los apuntes ya citados del Señor Don Miguel Velázquez de León, escritos en 1860, tomo los siguientes párrafos:

"Todos estos ingredientes se aplican en el beneficio de patio para corregir la acción de un exceso de magistral, que hace el efecto de destruir cierta cantidad de azogue trasformándolo en proto-cloruro de mercurio. Antiguamente sólo se aplicaban con ese objeto los tres primeros ingredientes, sobre los cuales sólo diré, que si no se usan con suma precaucion y medida, no sólo corrigen el exceso del magistral, sino que paralizan enteramente las reacciones del beneficio, y hacen que quede en los residuos una gran cantidad de plata.

"El Señor Don Eduardo Lauckner,[1] comenzó á emplear hace unos veinte años la pella de cobre en el beneficio de los minerales de Guadalupe y Calvo, no sólo para corregir la accion del magistral en exceso, sino para violentar el beneficio y disminuir la cantidad de azogue consumida. De su procedimiento hablaré más adelante; por ahora lo he mencionado, porque dió orígen al uso del cobre solo, en el estado de cobre de cementacion ó precipitado de cobre, para evitar en parte la cloruración del mercurio. Este ingrediente es el que usan hoy generalmente los buenos azogueros para detener la accion demasiado violenta del magistral. Nunca paraliza tan completamente la marcha del beneficio como la cal, la ceniza ó el tequezquite, y aun cuando se haya puesto en exceso en las tortas, es fácil volver á encaminar las reacciones con una adicion proporcionada de magistral, sin otro riesgo que el de hacer bajar un poco la ley de la plata, que sale algo ligada con cobre.

"La pella de zinc es otro de los ingredientes que se usan en el beneficio de patio para disminuir la accion del cloruro de cobre

1 Metalurgista muy distinguido de la Escuela de Freiberg, muerto en Guanajuato en 1859. *Nota del Sr. Velázquez de Leon.* El apellido del Sr. Lauckner, escrito de esta manera por el Sr. Velázquez de Leon, Duport lo escribe en la obra, con frecuencia citada, páginas 313 y 323, Lukner, y Mr. Phillips, en la tambien muy citada, página 327, Louckner. Creo que el primero de los autores citados tuvo mejores motivos para conocer la ortografía de este nombre.

sobre el mercurio, y para violentar el beneficio. La aplicacion de esta amalgama no ha sido tan bien estudiada como la del precipitado de cobre: introducida y desechada sucesivamente en las haciendas de Guadalupe y Calvo, del Fresnillo y Guanajuato, se ha vuelto á emplear desde hace poco en las de este último distrito, segun parece con buen éxito, cuando se usa con la debida inteligencia.

"El Sr. Birkbeck, que es quien ha introducido de nuevo el uso de la pella de zinc en Guanajuato, la prepara vertiendo 25 libras de zinc fundido en 500 de azogue, y agitando la mezcla. En la superficie del baño suele cristalizar la pella de zinc en tablas exágonas.

"La pella se separa del exceso de azogue por la filtracion, al través de un lienzo, y contiene de 31 á 32 por 100 de zinc, segun el mismo Sr. Birkbeck."

Parece no haber duda, pues, de que la notable mejora introducida en la amalgamacion de patio con la pella de cobre, se debe al finado Sr. D. Eduardo Lauckner, quien la aplicó por primera vez en este país en Guadalupe y Calvo, asociado al Sr. D. Enrique Mackintosh, segun lo manifiesta Duport,[1] por datos tomados por él mismo al visitar á esa localidad en 1842.

No sin muy justa razon se ha generalizado muy pronto entre los beneficiadores el uso del precipitado de cobre para destruir el efecto del sulfato del mismo metal, puesto en exceso en las tortas. Duport[2] manifiesta claramente que la adicion de un exceso de cal produce efectos poco estudiados sobre la plata, la cual no puede ya amalgamarse. El Sr. Velázquez de Leon, en sus apuntes sobre beneficio, demuestra con experiencias de laboratorio, "que el cloruro de plata formado se descompone al contacto de la cal, produciendo óxido de plata, que no es descompuesto por el azogue ni se amalgama con él," y manifiesta que más bien que usar de la cal como correctivo, se apliquen los carbonatos alcalinos, que no descomponen el cloruro de plata en presencia de la sal marinal (segun la experiencia practicada con el carbonato de plata en contacto con una disolucion de sal, en la que se ejecuta una trasfor-

1 *De la Production des Métaux Précieux au Mexique.* Paris, 1843, páginas 313 y 323.

2 Obra citada, página 127.

macion instantánea del carbonato en cloruro de plata) y que probablemente obran con mucha más eficacia que la cal.

Otro de los ingredientes que se ha usado en Guanajuato para enfriar las tortas por vía de correctivo, cuando están calientes, es el que nos refieren los renglones siguientes del profesor Fernández:

"Aparte de estas sustancias se ha usado algunas veces el hiposulfito de sosa; pero esta sustancia, dicen, produce una accion pasajera, enfría rápidamente, pero reaparece la *calentura*.

"Cuando en una disolucion de sal y de sulfato de cobre se vierte otra de hiposulfito de sosa, desaparece el color verde que producia el cloruro de cobre:

$$Na\,Cl + C\,uO.\,SO^3 = N\,aO.\,SO^3 + C\,u\,Cl$$

y queda incolora; añadiendo entónces amoniaco en exceso, se precipita un polvo blanco, pero no aparece el color azul que deberia dar el Cu Cl como compuesto de cobre, correspondiente al protóxido Cu O. Esto indica que dicho cloruro fué, ó trasustanciado ó reducido; mas no tarda el contacto del aire en producirlo, indicando que, si el hiposulfito habia producido reduccion, el aire reproduce la sobreoxidacion del cobre: así es que si el polvo blanco contiene hiposulfito de oxídulo, el oxígeno del aire seguramente lo trasforma en sulfato de protóxido, que pronto vuelve á producir la *calentura*."[1]

El finado beneficiador D. Cárlos Birkbeck se hizo notable en Guanajuato en 1858 y 1859 por la economía de tiempo que lograba en el tratamiento de las tortas en el patio, sin sacrificar plata en el rendimiento, empleando una cantidad de magistral un poco mayor que la comun y corriente. Desde luego, las tortas aparecian *picadas* ó ligeramente calientes, pero el beneficio se iniciaba y continuaba con vigor y por consiguiente con rapidez, y si por evento las tortas se ponian calientes, moderaba este efecto y lo sujetaba á los justos límites con adicion de las dosis respectivas de pella de zinc. De esta manera las tortas permanecian en beneficio siete ú ocho dias ménos que en las manos de otros azogueros. Du-

1 *Práctica del beneficio de los minerales de plata auríferos, en Guanajuato.* --Página 30.

port hace referencia, con relacion á Guanajuato, del mismo método que usó el Sr. Birkbeck muchos años despues.[1]

A la inversa, cuando la adicion de magistral ó de sulfato á las tortas en el incorporo es insuficiente para encarrilar el beneficio, entónces se hace preciso agregar nuevas dósis, llamadas *espuelas*, y el monto total del ingrediente empleado parcialmente es mayor, así como tambien aumenta el número de dias que requiere el tratamiento.

Hace pocos años, el jóven é inteligente ingeniero de minas de la Escuela de Alta California, D. Manuel Valerio Ortega, ha introducido con buen éxito el uso del ácido sulfúrico aislado, en vez del sulfato de cobre para el beneficio de las tortas de la Negociacion de Proaño, en Fresnillo.

La comparacion de las operaciones entre ambos beneficios produce los resultados siguientes, segun los "Breveteros," ó sean los libros de cuentas del patio, de la gran hacienda de Proaño, cuyos datos debo á la amabilidad del Sr. Ortega.

En 1888, de Abril 15 á Mayo 22, se beneficiaron por el método comun 25 tortas, formadas de la manera siguiente:

| | |
|---|---|
| Mineral granceado, montones de á 20 quintales..... | 1,600 |
| Idem en tierras, montones de á 20 quintales..... | 200 |
| Total masa sujeta al tratamiento, toneladas..... | 1,800 |

Promedio de duracion en beneficio de las tortas, 21 dias.

Idem de plata extraida por tonelada, 0,98 de marco.

Total pérdida de azogue, en promedio, por marco de plata, 14,72 onzas.

Sulfato de cobre invertido por tonelada, 1,27 libras.

En el mismo período de 1889, de Abril 15 á Mayo 18, se beneficiaron tambien 25 tortas, formadas del modo siguiente:

| | |
|---|---|
| Mineral granceado, montones de á 20 quintales.... | 1,500 |
| Idem en tierras, montones de á 20 quintales..... | 300 |
| Total masa, en toneladas..... | 1,800 |

Promedio de duracion en beneficio, 19 dias.

Idem de plata extraida por tonelada, 1 marco.

1 Obra citada, página 110.

Total pérdida de azogue por marco de plata, 12,88 onzas.

Ácido sulfúrico á 66° Beaumé, invertido por tonelada, 0,35 de libra.

A primera vista se advierte, que en el mismo período del año, escogido en la época más favorable para el beneficio, tratando minerales del todo semejantes procedentes de los terreros, con ley de plata poco más ó ménos igual, hubo una pequeña economía de tiempo [dos dias] favorable para el ácido sulfúrico, y en cuanto al gasto de azogue, se obtuvo una economía de la sétima parte con el beneficio por medio de dicho ácido, en comparacion con el del sulfato de cobre.

Además, este ingrediente costaba en Fresnillo próximamente 10 centavos la libra, miéntras que el ácido sulfúrico únicamente 8; en consecuencia, por un método, el costo del sulfato por monton fué de 127 pesos, y por el otro, el del ácido sulfúrico, fué de 28 pesos ó sea casi la quinta parte del costo del sulfato de cobre. La economía de azogue, la de costo en el empleo de ácido, y aun la de tiempo de duracion del beneficio, aparte de la claridad en las reacciones de su marcha, han sido bien aparentes, y por tanto este método de beneficio es el adoptado en la antigua Negociacion de Proaño.

Como una observacion química que no carece de interes, presentaré la siguiente: Para el beneficio de 1,800 toneladas de mineral por el método comun, se invirtieron 2,187 libras de sulfato de cobre cristalizado, en las cuales existe una cantidad de ácido sulfúrico, que suponiéndolo monohidratado [ó sea á 66° Beaumé], representa un peso de 859½ libras. Usando directamente en las tortas el mismo ácido sulfúrico, únicamente se han empleado 625 libras ó sea una diferencia de 234½ libras ménos. Este hecho parece demostrar que la accion del ácido es más directa que la del sulfato de cobre, y esto explicaria bien la razon de su mayor eficacia en el tratamiento.

Por lo demas, el uso del ácido sulfúrico en los procedimientos de beneficio de amalgamacion, no es reciente: se ensayó su empleo en los toneles de Freyberg, segun lo manifiesta Lampadius,[1] y pos-

1 *Manuel de Métallurgie Générale, par G. A. Lampadius, professeur de Chimie et de Métallurgie á l'Académie des Mines de Freyberg, traduit par G. A. Arrault.*—Paris, 1840, tomo I, página 400.

teriormente ha sido aplicado en el tratamiento norteamericano de panes.[1] Sin embargo, en el patio y en grande escala, no sé que otro lo haya aplicado ántes que el Sr. Ortega, quien tiene concedido privilegio exclusivo por su sistema. Trató de aplicarlo en grande escala en Guanajuato, pero tropezó con el no pequeño obstáculo del carbonato de cal que como matriz acompaña á los minerales. El ataque preferente del ácido sulfúrico sobre el carbonato calcáreo hace este método dispendioso, y por consiguiente inaceptable, económicamente hablando. Solamente tratándose de frutos cuarcíferos desprovistos de calcita, como son los de las minas de la Sierra, tendrá este sistema una aplicacion ventajosa.

El mismo Sr. Ortega nos da cuenta de su nuevo procedimiento de beneficio, en los siguientes renglones:[2]

"Hasta ahora se ha creido indispensable el uso de tres ingredientes para poder beneficiar metales por el sistema de patio; estos son: mercurio, sal [cloruro de sodio], y sulfato de cobre. Nosotros creemos ser los primeros que hemos sustituido uno de estos materiales en la práctica, en grandes cantidades de minerales, con otro mucho más activo, y que ofrece grandes ventajas en su aplicacion. Benefíciese por vía de experimento una corta cantidad de metal que contenga sulfuro de plata, y en vez de usar sulfato de cobre, póngase un poco de ácido nítrico ó sulfúrico muy diluido, agregándose la sal y azogue de costumbre y siguiéndose en todo lo demas el sistema ordinario de beneficiar. Se verá desde luego que el beneficio es mucho más limpio, más violento, y más perfecto en todas sus partes."

Cuidadosamente seguida por los azogueros la marcha de las tortas en el beneficio, cuando se considera que el rendimiento ó sea el fin de la operacion se aproxima, se procede hoy en la mayor parte de las haciendas de Guanajuato á determinar con precision dicho rendimiento, por medio del exámen docimástico de la amalgama contenida en las tortas, ó sea por medio de los *ensayes de pella.*

Constituyen estos un auxiliar poderoso para reconocer en la

1 *The Metallurgy of Silver by M. Eissler.*—London, 1889, p. 126.

2 Opúsculo titulado: *Manual del Azoguero ó sea Teoría y Práctica del beneficio de metales de plata por el sistema mexicano de amalgamacion, por Manuel Valerio Ortega.*—Nueva York, 1887, página 26.

práctica la marcha del beneficio de patio, especialmente al llegar el período de la conclusion. Efectivamente, sin embargo de que muy respetables azogueros aseguraban que en la tentadura de las tortas se reconocian con precision ciertos caracteres peculiares para marcar el final del beneficio; no faltaban otros no ménos respetables, que aspiraban á encontrar una comprobacion, susceptible de garantizar en cierto modo las apreciaciones demasiado fugaces formuladas á la simple vista en dichas tentaduras. Esta tendencia es muy natural para quien adquiere la séria conviccion de los fuertes valores que se manejan en las manipulaciones de las tortas radicadas en el metal precioso objeto definitivo del tratamiento, muy particularmente cuando dichas tortas son voluminosas y ricas.

Saint Clair Duport, que tan concienzudamente estudió la amalgamacion de patio en la República, en la cual tuvo su residencia por casi diez y seis años, se expresa sobre el asunto en cuestion, de la manera siguiente:[1]

"Los caracteres de la tentadura únicamente son bien distintos para quienes los han estudiado largo tiempo con paciencia: aparecen para ellos con bastante claridad, y con muy raras excepciones, dos *azogueros* forman siempre el mismo juicio sobre la situacion de una *torta* en el curso del trabajo; pero no están igualmente acordes sobre el momento en el cual conviene considerar la operacion como concluida, y de aquí resultan diferencias bien considerables en el rendimiento. En una especie de concurso entre varios *azogueros*, sobre una misma masa mineral, mezclada y pesada con la mas grande exactitud, los resultados del mejor al ménos hábil, presentaron una diferencia de 7 por 100 sobre la plata obtenida, aun cuando los competidores fueron hábiles todos, y aun cuando el producto anual en plata del mineral tratado por cada uno de ellos, representara un valor de muchos centenares de miles de pesos."

Con la mira de sujetar estas apreciaciones, ó más bien dicho tanteos, á una regla fija é incontrovertible, se inventaron sin duda los ensayes de la amalgama procedente de las tortas. Las primeras noticias que he podido adquirir sobre estas pruebas docimétricas,

1 *De la Production des Métaux Précieux au Mexique.*—Paris, 1843, página 111.

las he encontrado consignadas por el mismo Duport,[1] al referirse al Distrito minero de Guadalupe y Calvo, en el Estado de Chihuahua. Despues de describir los inteligentes trabajos en el beneficio de patio del discípulo de la Escuela de Minas de Freyberg, Sr. Lauckner, al mencionar los ensayes al soplete practicados con rara habilidad por el director de la Compañía Inglesa de Guadalupe y Calvo, D. Enrique Mackintosh, escribió los siguientes párrafos referentes al año de 1842:

"No solamente los minerales y los residuos, así como la amalgama de cobre, se someten á ensaye, sino que hácia el fin de cada operacion en el *patio*, ántes de enviar la torta al lavadero, se le ensaya de dos maneras: sobre la amalgama, y sobre el mineral molido, bien separado de la amalgama y bien seco.

"Como se sabe cuál es la cantidad de mercurio puesto en la torta, y cuál la cantidad de plata contenida en ella, un ensaye de la amalgama hecho al soplete, permite valuar prontamente cuál es la porcion que el mercurio ha recogido de plata respecto de su peso, y así se ve si hay conveniencia en continuar ó en terminar el trabajo.

"En cuanto al ensaye sobre el mineral separado de la amalgama, el contenido de plata es tan mínimo, que es preciso tomar dósis de ensaye muy fuertes, para poder emplear el soplete, y por tanto se ejecutan en la mufla del horno de copela.

"Estos detalles sobre las precauciones usadas en las oficinas de Guadalupe y Calvo, prueban suficientemente cuánto se encuentra más avanzado el tratamiento metalúrgico en este Distrito, que en los talleres más conocidos y más antiguos de la República Mexicana."

Así pues, en 1842, los Sres. Lauckner y Mackintosch usaban ya los ensayes de pella y de residuos, para reconocer con exactitud el final del beneficio de las tortas, cuyo rendimiento se acercaba.

Segun las noticias que se ha servido ministrarme el Sr. ingeniero D. Francisco Glennie, hácia el año de 1845, poco más ó ménos (sin haber logrado encontrar en el archivo de familia la fecha precisa), el inteligente médico frances D. Lorenzo Duprès, ideó teóricamente en Guanajuato los ensayes de pella, y quien coadyuvó

1 Obra citada, página 326.

en el proyecto y lo llevó al terreno de la práctica fué el Sr. D. Federico Glennie (tio de D. Francisco), con el objeto de aplicarlo á las ricas tortas en beneficio procedentes de los frutos de la mina de la Luz, cuya bonanza formal comenzó en 1843.

Hoy es difícil saber si los Sres. Glennie y Duprès habian oido hablar de estos ensayes, tal cual se practicaban ya en aquella época en Guadalupe y Calvo, ó si el Sr. Duprès los descubrió sin tener noticia de ellos. No es probable que en Guanajuato se tuvieran informes de lo que acontecia en una region montañosa tan remota como lo era entónces la extremidad Sur del Estado de Chihuahua; y si bien los Sres. Lauckner y Mackintosh vinieron á radicarse á Guanajuato, esto, segun tengo entendido, aconteció no pocos años más tarde.

Despues de muchos años de uso de estos ensayes generalizados en Guanajuato, vino á publicar el hábil ingeniero de minas Sr. D. Manuel M. Contreras, en 1872, su interesante Memoria que lleva por título: "*Empleo de los ensayes de pella y de residuos para determinar los adelantos y fin de la amalgamacion de la plata en el beneficio de patio.*"[1] Sin embargo de que al fin de este volúmen se encontrará trascrita íntegra esta Memoria, de muy elevado interes industrial, no obstante, de ella tomo los siguientes párrafos:

"La circunstancia de no ser necesario conocer, ni la cantidad de mineral puesto en beneficio, ni su ley, es una de las grandes ventajas que presenta el uso de los ensayes de pella. En efecto, las personas que han practicado en grande el beneficio de los minerales de plata, saben, que por más esmero que se ponga, no puede determinarse el peso de la carga del mineral sino con alguna aproximacion, porque son muy grandes las masas puestas en beneficio, porque las romanas que se usan para determinar el peso son instrumentos de poca precision, y porque la cantidad que se pesa ántes de molerse, sufre un aumento considerable con la cantidad que se gasta de las piedras de los arrastres, siendo este aumento de peso variable por una multitud de circunstancias. Así es que, basta reflexionar sobre el grado de sensibilidad de las romanas, para convencerse de que el peso de la lama de una torta, independientemente de ciertos desperdicios inevitables en la prácti-

1 Inserta en los "*Anales de la Sociedad Humboldt,*" tomo I.—México, 1872, página 326.

ca, se determina siempre con una aproximacion muy inferior á la que dan los ensayes de pella. Respecto á la ley de los minerales, tambien las personas que han practicado sin preocupacion la Metalurgia de la plata, saben que no es posible obtenerla sino con una mediana aproximacion. En efecto, es sumamente difícil, por no decir imposible, que la pequeña porcion que se toma de una torta para un ensaye docimástico, que rara vez pasa de 25 gramos, tenga la ley média en plata de la lama de la torta, compuesta frecuentemente de 70 millones de gramos, habiendo yo mismo beneficiado tortas de más del doble de esta cantidad: en consecuencia, por más que se revuelvan las partes del mineral, y que el ensaye se saque en pequeñas porciones, es dificilísimo que el polvo ensayado tenga la ley média de la cantidad total contenida en una torta; pero aun suponiendo que esta condicion estuviera satisfecha, en la ejecucion misma del ensaye docimástico, ya por el límite de sensibilidad en las balanzas, ya por las diferencias consiguientes á la copelacion, el resultado es, que el mismo polvo ensayado por diferentes ensayadores y aun por la misma persona en diversos dias, da diferencias muy á menudo superiores á un 5 por 100 respecto de la cantidad de plata.

"Esta diferencia que podia creerse exagerada tratándose de un método tan recomendado como la copelacion, se comprende que no lo es, pues aunque en efecto es un procedimiento muy expedito con cuyo auxilio puede determinarse $\frac{1}{12000}$ de plata contenida en un mineral; pesando 6 gramos, resulta, que cuando éste tenga una ley de 10 marcos por monton de 30 quintales, $\frac{1}{2}$ milígramo, en más ó ménos, viene á producir la diferencia de 5 por 100 sobre la cantidad de plata, y en la práctica no es posible fijar la ley con seguridad con una aproximacion mayor á la correspondiente á $\frac{1}{2}$ milígramo sobre 6 gramos de mineral ensayado. Con los ensayes de pella, usando balanzas mucho más corrientes que las que sirven para los ensayes docimásticos, se conocen perfectamente adelantos en la amalgamacion de ménos de $\frac{1}{2}$ por 100, esto es, de $\frac{5}{1000}$ de la plata contenida. Así, pues, en la torta cuya serie de ensayes he trascrito, se ve que estos han indicado claramente adelantos de 2 y 3 marcos diarios sobre un contenido de la torta de 522 marcos, y para obtener este dato precioso en la práctica, no ha sido necesario conocer más que la cantidad de azogue puesto en la torta; can-

tidad sujeta á gran aproximacion por ser relativamente corta y pesada en buenas balanzas con mucho cuidado, el peso del boton de pella y el de la plata que éste contiene, cuyos números se obtienen por un procedimiento de muy fácil ejecucion."

Más adelante, cerca del final, se expresa de este modo:

"Siendo la ejecucion de los ensayes de pella una operacion fácil y expedita, y habiendo probado que por su medio se hacen perceptibles los pequeños adelantos que las reacciones del beneficio de patio producen en la amalgamacion de la plata, esto basta para recomendar el empleo del método que acabo de describir, tal como lo he usado; pero ántes de concluir citaré algunos hechos, en apoyo de su utilidad, la cual proviene principalmente, de que los resultados que da este método, son independientes de la cantidad de mineral que se beneficia y de su ley, sobre cuyos datos suele haber algunos errores en la práctica y en que se apoya uno para juzgar no en el valor de un solo resultado, sino en los de una serie de resultados.

"Beneficiando en Guanajuato frutos comprados á la ley y en rescate, he obtenido varias veces aumentos sobre la plata esperada, hasta de un 25 por 100. Recuerdo entre otros hechos, el de una torta que debia producir por el ensaye de lama 870 marcos, y que conduciendo su beneficio por medio de los ensayes de pella, llegó á producir cerca de 1,100 marcos, dando un aumento de más de 25 por 100. En la hacienda de beneficio de Salgado, y tambien en la de Santa Ana, en Guanajuato, me sucedió, que habiéndose reventado un lamero, se mezcló la lama que contenia con las demas tortas que estaban en beneficio; resultando que si podia tenerse una idea de la cantidad total de plata y mineral contenido en todas las tortas, era imposible saberse la parte que contenia cada una; habiendo además, la dificultad de tenerse que beneficiar revueltos frutos, cuyo beneficio se encontraba en épocas muy diversas: sin embargo, en estos dos casos, guiado con los ensayes de pella he podido obtener resultados satisfactorios, haciéndome ver que este procedimiento es un poderoso auxiliar en casos difíciles como el que acabo de citar. Tomando los resultados de un semestre de la hacienda de beneficio de Loreto en Pachuca, que obtuve dirigiendo el beneficio de las tortas, auxiliado de los ensayes de pella, resulta: que comparando la cantidad de plata obtenida con la es-

perada por la ley del metal ensayado en granza ántes de molerlo en los arrastres, sólo perdí 5'39 por 100 de la plata total contenida en los minerales; y comparando igualmente la plata producida con la contenida por la ley de las lamas, se obtuvo un aumento de 7'65 por ciento, cuyo aumento consiste como ántes he explicado, en que las lamas de las tortas contienen un recargo de peso por el gasto de las piedras voladoras y de fondo de los arrastres, contribuyendo naturalmente este aumento de peso á la diminucion de ley de las lamas. Al éxito de este buen resultado, sobre el producto de plata, han contribuido en gran parte los ensayes de pella."

La influencia de la temperatura ambiente y la de los repasos sobre la duracion del beneficio, han sido suficiente y claramente expuestas por Mr. Duport,[1] para extenderme sobre un asunto que no carece de interes en la práctica. Sin embargo, de una manera general, puede decirse que la accion de los repasos acelera sin duda la marcha del beneficio, y que la temperatura media general que conserva una torta, influye tambien marcadamente sobre el período de su permanencia en el patio. Durante el invierno baja notablemente esa temperatura por efecto de la irradiacion nocturna, y por consiguiente se retarda el tratamiento y aun se altera la marcha con tendencia á calentarse las tortas, en razon de decrecer el poder disolvente del agua salada sobre el cloruro de plata, á consecuencia de la dicha baja de temperatura, con lo cual la cadena de enlace de los fenómenos químicos se desequilibra. La accion clorurante conservándose la misma, poco más ó ménos, y no pudiéndose dirigir en totalidad sobre el compuesto argentífero, por la deficiencia del agua para disolver todo el cloruro de plata que se produce, el ataque clorurante excedente se desvia sobre el mercurio, y de aquí proceden los indicios al principio y despues los caracteres terminantes de calentarse las tortas.

Un patio convenientemente dispuesto á estilo de invernáculo, con sus muros, y sobre ellos un cobertizo de cristales para proteger las tortas contra el enfriamiento, apto para dejar pasar los rayos solares y además adecuado para elevar á poco costo la temperatura interior, muy probablemente produciria resultados favorables, acortando el período del beneficio y regularizando su marcha

1 *De la Production des Métaux Précieux au Mexique.*—Paris, 1843, páginas 131 y 265.

en la parte química, con la uniformidad de la temperatura; cuya circunstancia tendria que refluir sobre la economía y buenos resultados del tratamiento. Si en el recinto circunscrito se elevara ligeramente la temperatura, al ménos durante las noches del invierno, fácilmente se lograria esa uniformidad que debe recomendarse para el beneficio de patio, ciertamente ventajosa, como nunca podria serlo el beneficio ayudado con la estufa, tal y como nos lo describe Sonneschmidt;[1] método que con justa razon no pudo generalizarse en la práctica en grande escala.

Un cobertizo arreglado de la manera dicha, protegeria á las tortas además, contra la accion de las lluvias, que cuando son abundantes y continuadas, no solamente entorpecen las manipulaciones del trabajo, sino que tambien el excedente de las aguas que no pueden quedar retenidas por las tortas, al tomar su curso, arrastran consigo parte de los ingredientes solubles, ejerciendo con esto una accion atenuante sobre las reacciones químicas.

Sobre estas diré algo, sin que me sea permitido extenderme, supuesto que el exámen del asunto es prolijo y requiere trascribir un número no corto de experiencias aclaratorias de la teoría química del beneficio de patio.

Actualmente la mayoría de los autores nacionales y europeos aceptan la cloruracion de la plata, y no muchos años hace que el profesor guanajuatense D. Vicente Fernández ha demostrado, que la plata en el beneficio, al desprenderse de los elementos electronegativos que la tienen mineralizada, pasa al estado de subcloruro. $Ag^2 Cl$. Más tarde D. Manuel Valerio Ortega,[2] quizá sin tener conocimiento de los trabajos del profesor citado, sostiene igualmente la subcloruracion de la plata y su precipitacion por el mercurio.

El Sr. Fernández, en la parte conducente á las reacciones químicas, se expresa del modo siguiente:[3]

"Hay mucha certeza en aceptar la formacion del cloruro de co-

1 *Tratado de la Amalgamacion, de Nueva España.*—Paris, 1825, página 79, Capítulo XXIII.

2 En su opúsculo *Manual del Azoguero*, Nueva York, 1887, págs. 24 y 29.

3 *Práctica del Beneficio de Minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato*, en "La Naturaleza," tomo IV.—México, 1879.—Apéndice, pág. 9.

bre Cu Cl entre la sal y el sulfato de cobre con que se ensalmoran las tortas, procediendo de la doble descomposicion de estos cuerpos.

"La reaccion debe ser así como se cree:

$$Na\,Cl + Cu\,O.\,SO^3 = Na\,O.\,SO^3 + Cu\,Cl.$$

"En tal caso, el sulfato de sosa que de ella emana debe ser inerte, y el cloruro de cobre el que opere la cloruracion de la plata que el sulfuro simple ó múltiple ó el seleniuro de plata contienen.

"Por algunos estudios (de laboratorio) que he hecho, he llegado casi á convencerme, que esta accion se produce entre una molécula del cloruro de cobre Cu Cl y dos moléculas del sulfuro de plata, así:

$$2\,Ag\,S + Cu\,Cl = Cu\,S^2 + Ag^2\,Cl;$$

ó así:

$$2\,Ag\,S + Cu\,Cl = Cu\,S + S + Ag^2\,Cl.$$

"Por las cantidades de sal y de sulfato de cobre que hemos visto usa el beneficio de patio, y las cuales está probado que son indispensables, se viene en conocimiento que no es su objeto formar solamente aquella cantidad de cloruro de cobre que químicamente necesitaría la plata para trasformarse en cloruro, sino para formar una disolucion de él, de tal concentracion, que obre únicamente sobre el compuesto de plata y no sobre el mercurio; y tambien que quede sobrando una cierta cantidad de sal que forme una disolucion de cierto grado *que sea capaz*, por su poder disolvente sobre el cloruro de plata, de *determinar* esta cloruracion por el cloruro de cobre.

"En mis experiencias he creido ver que el compuesto de plata natural no se convierte en cloruro, si no es aquella parte, aquella cantidad que la disolucion de la sal puede disolver, y esto es lo que me ha hecho verter el concepto anterior, de que la sal *determina* la accion clorurante del cloruro de cobre sobre el sulfuro de plata.

"Esto nada tiene de nuevo, pues con frecuencia vemos que dos cuerpos de grandes afinidades entre sí no se combinan si no está presente un vehículo que vaya disolviendo la combinacion á medida que va ejecutándose.

"Mas como suele haber enormes diferencias entre los resultados de las experiencias hechas en los vasos del laboratorio con las de la práctica en grande, voy á conducirme á ese terreno.

"Al ejecutar algunas experiencias con la mira de evitar la pérdida del mercurio que se tiene en este sistema de beneficio, encargué, en distintas épocas, á dos beneficiadores amigos mios, de distintas haciendas, que de un mismo cajete de sus respectivas oficinas sacase cada uno dos pequeñas tortas y pusiesen, segun su costumbre, á cada torta, la misma cantidad de sal y magistral [ó sulfato de cobre], y en todo las tratasen de la misma manera, esto es, les diesen el mismo número de repasos, la misma pastosidad, etc., exceptuando solamente el que á una no le pondrian azogue.

"Este metal es absolutamente necesario y útil al beneficiador, para saber, entre otras cosas, cuándo ha concluido el beneficio de una torta, cuando ha *rendido* toda la plata. Así es que de las dos tortas que cada uno manejaba, una, la que contenia azogue, servia á mis amigos para saber cuándo estaban *rendidas*, y á mí me servia este resultado para saber que las otras contenian ya toda su plata en estado de cloruro. Ahora bien; hecho así, en dos épocas diferentes, en dos haciendas distintas, y por dos personas que ni sabian tener el mismo encargo, va á verse que tuvieron el mismo resultado, pero negativo.

"Mi creencia, entónces, era que toda la plata se cloruraba y que un metal más barato que el azogue, el zinc, el fierro ó el cobre, reducirian ese cloruro al estado metálico: á plata. El zinc y el cobre no serian los más á propósito, pues teniendo que ponerlos en exceso darian plata de baja ley. El fierro era el conveniente: se puso, se repasaron las tortas para facilitar el contacto del fierro con el cloruro de plata, y cuando se creyó que ésta estaría libre se añadió el azogue, se repasó de nuevo para producir la *pella*, en seguida se hizo una tentadura y no contuvo sino pizcas de plata. Pero una vez que la torta tuvo mercurio y se repuso el magistral [sulfato de cobre], entró en beneficio, comenzó á aparecer pella, amalgama de plata ó limadura, como la llaman los beneficiadores; es decir, la plata no se habia clorurado ni se cloruró sino hasta que hubo un reductor, el azogue [que no reduce al sulfato de cobre sino solamente al cloruro de plata], que despojase á la disolucion de sal marina del cloruro de plata que contenia, para que, reco-

brando su poder disolvente, determinase la nueva accion cloruran-te del cloruro de cobre Cu Cl sobre el mineral de plata.

"Son estos resultados *prácticos* los que hoy me hacen creer que *Cu Cl no forma más cloruro de plata sino hasta que la sal está en aptitud de disolverlo.*

"Una vez incorporados los tres agentes, sal, sulfato de cobre y azogue, en la masa pastosa del mineral que constituye una torta, se le dan *repasos* con mulas que se echan á andar dentro, gobernadas por un hombre á cuyo derredor giran, para batirla, y hacer que, además de que tome una composicion homogénea, este movimiento traslade y divida el azogue en globulitos que anden precipitando la plata de la disolucion de la sal que la contiene, cuya accion se verificaria con sumo retardo si se dejase en reposo, pues la difusion del cloruro en la disolucion de la sal marina tendria que verificarse con mucha dificultad teniendo que vencer las fuerzas capilares que la masa porosa, como es la de una torta, le presenta: además, como una parte del globulito que reduce plata se convierte en calomel, $Hg^2 Cl$, que es insoluble, queda cubierta su superficie y poco propia para continuar obrando como reductor, y se hace necesaria una friccion que de hecho recibe por los *repasos*, para desnudarlo del polvo de calomel, y que quede la superficie limpia y apta para obrar pronto su accion desclorurante.

"Se puede atribuir otro efecto útil á los *repasos:* el de introducir aire á la masa para que, disolviéndose en el agua, oxide al sulfuro de cobre Cu S, que se forma segun la experiencia de los químicos: esta oxidacion que vemos en los laboratorios la facilidad con que se ejecuta, originaria, lo mismo que en estos, la trasformacion en sulfato [$CuO. SO^3$], que en presencia de la sal marina se convertiria de nuevo en cloruro (Cu Cl), reponiéndose por este medio el que se habia gastado en clorurar el sulfuro de plata, y haciendo esta circunstancia que el grado de su disolucion sea constante durante todo el tiempo del beneficio.

"No me parece gratuita esta suposicion, pues tengo entendido que cuando una torta está rendida, si no la lavan se *calienta:* ahora bien; la calentura consiste en que el azogue es atacado por el cloruro de cobre: luego si es atacado, no se ha acabado al clorurar la plata, á pesar de que la cantidad es muy corta, como voy á manifestarlo.

"Supongamos una torta de 32 quintales y con 6 marcos de plata: á estas cantidades les corresponden, segun lo dicho ya, 16 quintales de agua y 7 libras de sulfato de cobre ($Cu\,O.\,SO^3 + 5\,HO$): es decir, que á cada arroba de agua, le corresponden cosa de 2 onzas de sulfato (1 onza 12 adarmes): este sulfato, convertido en cloruro [Cu Cl], produce sólo 15 adarmes de este agente, lo cual da una disolucion á $\frac{7}{3000}$ que es sumamente diluida. Sin embargo, es forzoso confesar que en 7 libras de sulfato de cobre hay contenidos 454 adarmes de cobre metálico; cantidad más que suficiente para la desulfuracion de los 768 adarmes de plata contenidos en los 6 marcos, juzgando químicamente, pues esta cantidad sólo necesitaria 112 adarmes de cobre admitiendo esta reaccion:

$$\left.\begin{array}{r} 2\,Ag\,S\ldots\ldots \\ Cu\,Cl\ldots\ldots \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l} Cu\,S + S. \\ Ag^2\,Cl. \end{array}\right.$$

ó exigiria 224 si se admite esta otra:

$$\left.\begin{array}{r} 2\,Ag\,S\ldots\ldots \\ 2\,Cu\,Cl\ldots\ldots \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l} 2\,Cu\,S. \\ 2\,Ag\,Cl. \end{array}\right.$$

por las que se ve que para ser cierta la primera hay una cantidad de cobre cuádruple de la que exige, y para la segunda una doble del mismo metal.

"Pero no es esto lo que nos preocupa; ya hemos dicho arriba que los agentes no se usan en cantidades que químicamente serian bastantes, sino en cantidades que produzcan disoluciones de determinada concentracion que les den actividad; y comprendemos que una disolucion tan débil como es á $\frac{7}{3000}$, por poco que se consuma, deberá perder casi toda su actividad, á ménos que haya quien la conserve constante. En todo caso, es un hecho que el sulfuro de cobre *naciente* se oxida al contacto del aire rápidamente, y este fenómeno tiene que verificarse durante el curso del beneficio, y debe tomarse en cuenta.

"Decimos que uno de los objetos de los repasos es desnudar á los globulitos de azogue del polvo blanco de calomel que los cubre; en efecto, no admitimos la creencia de algunos de que la reduccion del cloruro de plata ó plata metálica que el azogue efectúa, produzca sublimado corrosivo, porque todo se opone á aceptarla: es evidente que este cuerpo, existiendo en disolucion aun muy di-

luida, estando en presencia de azogue se apodera de éste y se cambia en calomel; luego no es posible que exista en las tortas donde el azogue está en abundancia y en un estado de division tal, que precisamente favorece la formacion del calomel.

"Se rechaza tambien, y con muy buen criterio, la formacion del calomel, porque «si se formara, dicen, por cada equivalente de pla«ta que se obtuviera, se perderian dos equivalentes de azogue ($Ag$ «$Cl + 2\ Hg = Ag\ Cl + Hg^2\ Cl$), y esto no es exacto, pues por «cada marco de plata que pesa ocho onzas, sólo se pierden diez de «azogue.....» En efecto, un equivalente de plata pesando 13.50, y dos de azogue 25.00, exigen: que para obtener las ocho onzas de plata se perdiesen 14.8 de azogue, solamente por reaccion química, por *consumido*, como los beneficiadores dicen, cuya cantidad, aumentada de la pérdida mecánica del mismo agente, ascenderia á un total muy elevado que ciertamente no existe en la práctica.

"He dicho más arriba que por experiencias particulares creo que el cloruro de plata que se forma durante el beneficio no es el comun $Ag\ Cl$ sino $Ag^2\ Cl$, y á ser exacto esto, la reaccion que produce el calomel será esta otra:

$$Ag^2\ Cl + 2\ Hg = 2\ Ag + Hg^2\ Cl;$$

la cual estaria de acuerdo con la parte científica y con la parte práctica: con la primera, porque incluye la formacion del calomel, que es absolutamente innegable; y con la segunda, porque perdiéndose dos equivalentes de azogue que pesan 25, se obtienen dos de plata que pesan 27; cuyas cantidades, referidas al marco de plata, revelan por cada 8 onzas que de ésta se obtengan, debe perderse 7 onzas 40 centavos de azogue por *consumido*, y 2 onzas 60 centavos *mecánicamente*, dando el total de diez onzas que pierden por máximum en la práctica.

"Las cantidades de sal, de sulfato y de azogue, como lo hemos indicado ya, no son aquellas que matemáticamente son necesarias, consideradas bajo el sentido químico, para producir la cloruracion del cobre, despues la de la plata, y finalmente la del mercurio: se puede decir que esas cantidades no están en relacion ni con los pesos atómicos ni con los de sus equivalentes. El *beneficio* no usa los equivalentes de la química, sino los suyos, propios á esta metalurgia.

"Frecuentemente sucede en la práctica de este sistema, que la cantidad de sulfato que el metalurgista emplea le resulta corta, y esto depende de que sabe que cuando se excede en ella, corre el peligro de formar una disolucion de cloruro de cobre de una concentracion tal, que en sus afinidades electivas no solamente se limita á obrar sobre el compuesto de plata, sino que alcanza á dirigirse sobre el mercurio, lo cual procura esquivar con una disolucion débil para ahorrar una pérdida muy nociva á la parte económica del beneficio.

"Con las voces *caliente* ó *calentura*, se designa la circunstancia de haber exceso de cloruro de cobre en la torta, por haberse excedido en las dósis de sulfato, y lo reconocen por el aspecto que toma el azogue.

"Por el contrario, cuando el sulfato no está en la cantidad á propósito para hacer marchar bien la cloruracion de la plata con su máximum de accion útil, se dice que la torta está *fria*.

"La voz *volada* significa una *calentura* excesiva.

"Para poder apreciar estos diferentes estados de una torta, necesarísimos al beneficiador, pues son las riendas del beneficio, se valen todavía de los muy ingeniosos ensayes que se llaman *tentaduras*."

Salvando algunas páginas de tan interesante memoria, se encuentra adelante el importantísimo artículo siguiente:

## TEORÍA DEL BENEFICIO.

"Estoy en la inteligencia de que D. Federico Sonneschmidt es el primero que haya dado una teoría científica. De sus palabras se desprende que aceptó, que entre la sal y el sulfato de cobre del magistral que entónces se usaba exclusivamente, se formaba cloruro de cobre, y que éste, por su ácido clorhídrico, dice, cloruraba la plata, que á su vez era reducida por el mercurio que quedaba, en la forma de calomel. Esta teoría, en lo general, es para mi modo de ver, excelente: sólo hay en ella un punto que discutir, un pormenor que reformar.

"No ha faltado quienes la nieguen, quienes la rechacen, fundándose en dos observaciones ciertas y poderosas positivamente. Es

una, no haber podido extraer de una torta en beneficio, por disolventes, el cloruro de plata, de lo cual deducen: "La plata no se clorura." Es la otra, que perdiéndose ménos azogue que el que debe de perderse por la formacion del calomel, "éste no se forma," dicen, supuesto que no existe esa pérdida. Añaden más: que el cloruro de cobre haria montar la pérdida del azogue á mayor suma, pues ese agente lo ataca mucho; y como esto tampoco sucede, queda inadmisible la teoría de aquel ilustre hombre. Se ve, pues, que son razones bien fundadas las que dan; pero no obstante, no son suficientes para destruirla. Vamos á estudiar cada una de esas reacciones, esto es:

"1ª ¿Se forma cloruro de cobre Cu Cl entre la sal y el sulfato de cobre? ¿Por qué no ataca al azogue?

"2ª ¿Se clorura la plata?

"3ª ¿En qué forma se pierde el azogue?

"1ª ¿Se forma cloruro de cobre Cu Cl entre la sal comun y el sulfato de cobre? Cuando se mezclan dos disoluciones, una de sal y otra de sulfato de cobre, en los grados de concentracion que las usa el beneficio, el color azul débil de la de sulfato se cambia inmediatamente en verde; es decir, en el del cloruro de cobre Cu Cl: luego este cuerpo se forma por doble descomposicion.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Na Cl}\ldots\ldots\ldots\ldots\\ \text{Cu O. SO}^3\ldots\ldots\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\ldots\ldots\text{Na O. SO}^3\\ \ldots\ldots\text{Cu Cl.}\end{array}\right.$$

"Si á la nueva disolucion que resultó se le añade cobre precipitado recientemente, en cantidad igual á la que la disolucion contiene, desaparece el color verde, desaparece el cobre, principalmente si interviene el calor, y aparece un polvo blanquizco. No se puede decir que este polvo sea de un sulfato bibásico de cobre 2 Cu O. $SO^3$, porque para que éste pudiera formarse, habria sido preciso que el cobre que se disolvió hubiera ido en estado de óxido..... (Cu O. $SO^3$ + Cu O = 2 Cu O. $SO^3$); y no fué así, sino en estado metálico, lo cual indica que ese polvo blanquizco es de subcloruro de cobre formado por esta reaccion, á expensas del Cu Cl que allí existia.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Cu Cl}\ldots\ldots\ldots\\ \text{Cu}\ldots\ldots\ldots\ldots\end{array}\right\} = \text{Cu}^2\ \text{Cl.}$$

"Si en lugar de cobre precipitado se añade á la disolucion verde de plata metálica, pierde su aspecto metálico y se cambia en un polvo violado igual al cloruro de plata atacado por la luz; es decir, á lo que algunos químicos tienen por subcloruro de plata, que es cloruro de plata, es un hecho, pues se disuelve como tal en las disoluciones de sal y de amoniaco. Los Sres. Durochet y Malaguti han visto esto mismo, es decir, que se forma subcloruro de cobre $Cu^2$ Cl y cloruro de plata.

"Esta cloruracion de la plata tan rápida, no puede, segun la experiencia, producirla la sal comun, y es preciso atribuirla al cloruro de cobre Cu Cl, que como he dicho, pasa al estado de subcloruro $Cu^2$ Cl.

"Se ve, pues, que la formacion en ambos experimentos de subcloruro de cobre proviene de la reduccion del protocloruro Cu Cl que *existe cuando se mezcla una disolucion de sal y otra de sulfato en las mismas condiciones de dilucion que se usan en el beneficio:* de donde se infiere que en éste, en las tortas tambien se forma.

"Se podria decir que no, porque las matrices deben influir poderosamente en las reacciones químicas; pero á esto se contesta, haciendo notar que las matrices no son más que cuarzo ó silicatos poco ó nada alterables en las reacciones de la vía húmeda, pues los carbonatos de cal [espato calizo], el doble de cal y magnesia [dolomía], el floruro de calcio, las piritas y los óxidos de fierro, ni existen siempre ni están en cantidades que pueda atribuírseles un *papel principal y constante* en las reacciones. Debe, pues, admitirse el cloruro Cu Cl en el beneficio de patio.

"¿Por qué no ataca el azogue? La solucion de este punto no tiene explicacion favorable. Cuando en la disolucion de sal y sulfato de cobre que hemos estudiado arriba, se pone un peso dado de mercurio y se agita, aparecen dos especies de precipitados, blancos ambos; pero uno es pulverulento, el otro es formado de grumos pequeñitos; el primero es pesado y el otro flota por largo tiempo; aquel se ennegrece por el amoniaco, y éste termina por disolverse y colorar de azul el amoniaco: en cuanto al azogue, se granula, se divide casi á polvo y se pinta de aplomado y aun de negro; lavándolo y restregándolo en agua abandona al mismo polvo blanco, pesado, que existe en el licor. Este polvo es calomel; el otro es subcloruro de cobre $Cu^2$ Cl; y el azogue ha perdido en pocas ho-

ras más de 6 por 100 de su peso. Esto es un hecho, pero tambien lo es que sal y sulfato de cobre se pone á las tortas, y que allí esta mezcla no ataca al azogue. Se podria decir *que la afinidad de este cuerpo por el cloruro de cobre es disminuida por la mayor afinidad de la plata* del mineral *por el cloro* del cloruro de cobre.

"Sin embargo, cuando se colocan juntos el compuesto de plata, el mercurio y el cloruro, no se observa esa preferencia, sino que siempre el mercurio es atacado; pero hay una experiencia digna de tomarse en consideracion, y es esta: que cuando al conjunto de esos tres cuerpos se le añade *cabecilla* (polvo de cuarzo), entónces no es atacado y la amalgamacion se efectúa.

"La observacion de que los cuerpos *inertes*, quiero decir, aquellos que nada ceden ni sufren ponderalmente influyen en el beneficio, ha sido consignada. Domeyko, químico de Chile, en su Tratado de Ensayes de este año [1876], dice que la accion del mercurio la han encontrado los Sres. Durochet y Malaguti, más fuerte sobre el sulfuro de plata natural de un criadero ferruginoso que sobre el de otro arcilloso [:: 2,74 : 1,76]; y luego añade: «en esta accion «directa del mercurio sobre el sulfuro, tienen influjo, *en primer lu«gar*, los criaderos, pues la cantidad de sulfuro que se amalgama «en un criadero arenoso, es cuádruple de la que en igual tiempo «se rinde en un criadero arcilloso; y *en segundo lugar*, la presencia «de ciertas sales; así el sulfato de fierro da casi doble, y la de sul«fato de cobre casi triple.....»

"Esta accion, que se puede reputar de aquellas de *presencia*, que por su modo de obrar son llamadas así, podria explicarnos que si es cierto que el cloruro de cobre ataca al azogue en las experiencias comunes del laboratorio, esta accion *no se produce en las tortas, por la presencia de un polvo como el que las forma, cuarzo, cabecilla que lo impide:* tal es la deduccion que se saca de la última experiencia que he citado y los conceptos vertidos por Domeyko.

"2.ª ¿Se clorura la plata? Ya hemos visto que siempre que se mezclan sal y sulfato de cobre, se forma una disolucion que, con el cobre, produce $Cu^2$ Cl; con la plata metálica, cloruro violado de plata; y con el mercurio, $Hg^2$ Cl. En vista de esto, forzosamente hemos tenido que ver que en esa mezcla se forma Cu Cl.

"Ahora bien; cuando en una disolucion semejante, es decir, conteniendo sulfato de cobre y sal en exceso, como en el beneficio, ó

sea cloruro de cobre, cloruro de sodio y sulfato de sosa, se pone un pedacito de una de las especies minerales que aquí se benefician, y además unas gotas de azogue, se observan dos cosas: primera, que el mineral se oscurece y presenta algunos puntos amalgamados; segunda, que el licor contiene subcloruro de cobre $Cu^2$ Cl, en suspension una parte, otra disuelta, y además, disuelto tambien, cloruro de plata.

"**a.**—*El color del mineral* se ha oscurecido porque lo cubre polvo negro de sulfuro de cobre, que (despues de bien lavado el pedacito de mineral) pinta fuertemente de azul al amoniaco. Este sulfuro debe provenir de esta reaccion:

$$2\,Ag\,S + Cu\,Cl = Ag^2\,Cl + Cu\,S + S \ldots\ldots [1^a]$$

"Domeyko dice que en iguales condiciones, los citados Durochet y Malaguti han visto formarse cloruro de plata, subcloruro de cobre, y quedar libre azufre. En mi concepto no es cloruro de plata sino subcloruro, y la reaccion podrá ser esta:

$$2\,Ag\,S + 2\,Cu\,Cl = Ag^2\,Cl + Cu^2\,Cl + 2\,S \ldots\ldots [2^a]$$

"Pero sea la deduccion que consigna el orígen del sulfuro de cobre que cito, sea el hecho visto por estos químicos, el resultado es que la una supone la cloruracion de la plata, y el otro la confirma.

"**b.**—*Los puntos amalgamados* pueden provenir de esta reaccion:

$$2\,Ag\,S + 2\,Cu\,Cl + Hg = Ag\,Cl + Ag\,Hg + Cu^2\,Cl + 2\,S \ldots\ldots [3^a]$$

ó de esta otra:

$$2\,Ag\,S + Cu\,Cl + Hg = Ag\,Cl + Ag\,Hg + Cu\,S + S \ldots\ldots [4^a]$$

"Dice terminantemente Domeyko, que el subcloruro de plata en contacto con la sal se convierte en cloruro que se disuelve y en plata que se separa: el subcloruro formado en las dos primeras reacciones podrá descomponerse así, y la plata que se produce seria la que forma los puntos amalgamados.

$$(Ag^2\,Cl + Na\,Cl + Hg = Na\,Cl.\ Ag\,Cl + Ag\,Hg.)$$

"c.—*El licor contiene subcloruro de cobre* por reduccion del protocloruro [reacciones segunda y tercera].

"d.—*El licor contiene cloruro de plata*, cosa que se demuestra fácilmente, pues diluyéndolo se precipita ántes que el subcloruro de cobre, que es ménos pesado.

"Si pues estas reacciones, que simulan las del beneficio, hacen que la plata se clorure, para aquel, no hay razon por qué dudarlo.

"Antes de pasar á la tercera y última cuestion, quiero llamar la atencion sobre un punto muy interesante para la teoría del beneficio.

"Una de las objeciones más fuertes y quizá la mayor que se ha hecho para negar la cloruracion de la plata, y con ella la teoría de Sonneschmidt, ha sido la de no perder en la práctica la cantidad de azogue que esta teoría arroja.

"Esta teoría puede representarse así:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Na Cl.....}\\ \text{Cu O. SO}^3\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{Na O. SO}^3\ [5^a]\\ \left.\begin{array}{l}\text{Cu Cl.....}\\ \text{Ag S.....}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{Cu S}\\ \left.\begin{array}{l}\text{Ag Cl.....}\\ \text{n Hg}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l}\text{Hg}^2\ \text{Cl}\\ \text{Ag Hg}^{n-2}\end{array}\right.\end{array}\right.\end{array}\right.$$

"Y en efecto, ella hace ver que para obtener un equivalente de plata, deberia perderse dos de azogue; es decir, que para cada 8 onzas de plata [1 marco] que obtuvieran, les costaria 14 onzas 8 décimos de azogue. Ya he dicho en otro punto que sólo pierden 9 á 10 onzas por total, y esta cantidad está muy lejana de la de la teoría ciertamente.

"No pudiendo sostener negativamente la formacion del cloruro de cobre, ni la cloruracion de la plata, ni la reduccion de este cloruro á plata metálica por medio del azogue, se ha apelado por unos á suponer que todas nuestras especies minerales llevan *al patio* la mitad de la plata en estado nativo; y por otros, que el azogue se pierde en la forma de sublimado corrosivo, el cual sólo requiere la mitad del azogue que el calomel para formarse.

"Con la primera suposicion nada se conseguiria, ni debe aceptarse, porque el punto de partida es falso; ambas cosas se ven en estas ecuaciones que dan los que piensan así:

$$\left.\begin{matrix}\text{Na Cl}\\ \text{Cu O SO}^3\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\text{Na O SO}^3\\ \text{Cu Cl}\\ \tfrac{1}{2}\,\text{Ag}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\tfrac{1}{2}\,[\text{Ag Cl}]\\ \tfrac{1}{2}\,[\text{Cu}^2\,\text{Cl}]\\ \tfrac{1}{2}\,\text{Ag S}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\tfrac{1}{2}\,[\text{Cu}^2\,\text{S}]\\ \text{Ag Cl}\\ \text{n Hg}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\text{Hg}^2\,\text{Cl}\\ \text{Ag Hg}^{n-2}\end{matrix}\right.$$

las cuales nos muestran que así se obtendria un equivalente de plata, y se perderian dos de azogue.

"Con la segunda sólo se perderia un equivalente de dicho metal, pero no puede admitirse, pues en una torta que solamente tuviese una ley de 6 marcos como la que escogimos para ejemplo, hablando de la trasformacion del sulfuro de cobre en sulfato, resultaria que cada cuartillo de agua contendria 11 granos de sublimado corrosivo [3 libras 12 adarmes en el monton]; y como se ve, que ni los operarios sufren ningun daño á pesar de tener las piernas muchas horas dentro de las tortas, ni las mulas sufren tampoco, estando en las mismas condiciones y comiendo lama [de las tortas] en tal cantidad, que muchas tienen en los intestinos bolas de plata del tamaño de una lima, cuyo tamaño representa un volúmen enorme de lodo y una cantidad grande de agua [el tercio del peso del lodo], ni las palomas sufren nunca mal alguno, bebiendo el agua que se deposita en las huellas que dejan las mulas en las tortas; se deduce terminantemente, que dicho cloruro ó sublimado corrosivo, no es la forma química con que el azogue se pierde. Añádase á esto, que este cuerpo, en presencia del azogue, se trasforma completamente en calomel.

"Se verá en todo lo que he expuesto, que el resultado de las discusiones viene á sostener la teoría de Sonneschmidt. Pero ¿y cómo cohonestarla con la contraposicion que da la práctica? ¿Cómo explicar el que no se pierde del azogue la cantidad que esa teoría exige? Este es el punto interesante sobre el que quiero llamar la atencion. Sonneschmidt ha dicho que la plata se clorura, y hemos entendido que se trasforma en cloruro Ag Cl, que se forma segun las reacciones 1ª y 2ª, que vuelvo á reproducir aquí:

$$2\,\text{Ag S} + \text{Cu Cl} = \text{Cu S} + \text{S} + \text{Ag}^2\,\text{Cl},$$

$$2\,\text{Ag S} + 2\,\text{Cu Cl} = \text{Cu}^2\,\text{Cl} + 2\,\text{S} + \text{Ag}^2\,\text{Cl},$$

á las cuales añado esta otra, que me consta, casi de un modo completo, que se verifica en las experiencias de laboratorio que he hecho:

$$2\,Ag\,S + Cu^2\,Cl.\,Na\,Cl = 2\,Cu\,S + Na\,Cl,\,Ag^2\,Cl.$$

"Ahora bien: introdúzcase en la teoría una de estas reacciones, ó dos, ó las tres, como siendo las que producen la cloruracion, y se quitará el único inconveniente que ha habido para aceptar con entera libertad la cuestionada cloruracion de la plata. En efecto, cualquiera que de ellas se produzca en la práctica, sólo exigirá un equivalente de azogue para obtener uno de plata, 7.4 onzas por marco: la diferencia entre este peso 7.4 y las diez onzas que pierden de hecho, esto es, 2.6 onzas, es por pérdida mecánica.

"Me consta que hay quienes tienen por hipotética la existencia del subcloruro de plata, y debo recordar aquí algunos hechos que hagan desaparecer tal creencia. Cuando al cloruro comun Ag Cl se le expone á la luz y se pone violado, se dijo que este color lo debia á la plata metálica que queda mezclada con una parte de cloruro no descompuesto. Me parece que Davane y Barreswil fueron los primeros que negaron esa explicacion, y dijeron que el color lo debia al del subcloruro que se formaba. Ya desde los primeros dias de existencia de las imágenes Daguerrianas se explicaba su formacion, diciendo que todas las partes de la placa heridas por la luz estaban constituidas de un sub-ioduro, sub-bromuro ó *sub-cloruro de plata*, cuyos cuerpos, dotados de *afinidad por el mercurio*, hacian que éste se fijara en ellos y produjeran las partes blancas de aquellas imágenes; y como el resto de la placa estaba cubierto por ioduro, cloruro ó bromuro, que ninguno tenia esa afinidad, allí no se fijaba el azogue. Más tarde los químicos citados han demostrado que, respecto al cloruro, herido por la luz directa del Sol, la coloracion la debe al sub-cloruro que se forma y no á la plata metálica; haciendo ver, que ni el azogue amalgama nada, cosa que prueba que no hay plata libre, ni el ácido azótico impide que el cloruro tome esa coloracion, cosa que impediria si fuese plata la que la produjera, pues se disolveria á medida que fuese produciéndose. Se ve, pues, que el cloruro y la plata en sus *afinidades de circunstancias*, pueden producir un sub-cloruro en las condiciones á que el hombre las expone.

"Añadamos á este hecho que Domeyko, en cinco especies de plata córnea, procedentes de dos minas, de Yerba-Loca y Algarrobo, ha encontrado, despues de aislarles la plata metálica que

contenian: 50.33—23.32—6.76—16.06—13.88 de *subcloruro de plata*, acompañados de 46.34—74.00—91.69—83.58 y 84.48 de cloruro del mismo metal. (Tratado de Ensayes, por D. Ignacio Domeyko. Paris, 1876.)

"Si pues en las reacciones de la química humana y en las de la Naturaleza existe el subcloruro de plata, sale del terreno de la hipótesis la formacion del mismo en el beneficio, y cabe en la teoría. Toca á los científicos comprobar el hecho.

"3ª ¿En qué forma se pierde el mercurio? En la discusion anterior hemos dejado consignada la idea, con sus pruebas, de que la plata se clorura: ahora, para que ésta se reduzca, puede atribuírsele varias causas: la luz solar, el fierro de las herraduras de las mulas, y el azogue. Seria nimio atribuir la *reduccion total* á las dos primeras: ni todo el cloruro es visto por el sol, ni en todas las haciendas se revuelven, se *repasan* las tortas, con animales herrados: sabido es que en la antigüedad los repasos los hacian hombres, y hoy, en la hacienda de San Francisco de Pastita, se hace con máquinas de madera. El mercurio es, pues, el reductor. ¿Bajo qué forma se consume? Ya lo hemos dicho: no bajo la de sublimado, porque 5 á 20 gramos de este cuerpo por cuartillo de agua, en cuyas proporciones se encontraria en los casos del beneficio, producirian efectos que jamas se han visto; no tampoco, porque habiendo siempre un exceso de azogue, éste lo trasforma, aun en disoluciones muy débiles, en calomel. Queda, pues, que sólo bajo esta forma, puede perderse.

"Se debe, pues, admitir sin violencia para la teoría del beneficio, las reacciones que siguen:

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{Na\,Cl}\\ \mathrm{Cu\,O.\,SO^3}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{Na\,O.\,SO^3}\\ \left.\begin{matrix}\mathrm{Cu\,Cl}\\ \mathrm{2\,Ag\,S}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{S + Cu\,S}\\ \left.\begin{matrix}\mathrm{Ag^2\,Cl}\\ \mathrm{2\,Hg}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{Hg^2\,Cl}\\ \mathrm{2\,Ag}\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$$

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{2\,Na\,Cl}\\ \mathrm{2\,Cu\,O.\,SO^3}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{2\,Na\,O\,SO^3}\\ \left.\begin{matrix}\mathrm{2\,Cu\,Cl}\\ \mathrm{2\,Ag\,S}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{2\,S + Cu^2\,Cl\,[!]}\\ \left.\begin{matrix}\mathrm{Ag^2\,Cl}\\ \mathrm{2\,Hg}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{Hg^2\,Cl}\\ \mathrm{2\,Ag}\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$$

$$\left.\begin{matrix}\mathrm{[!]\,Cu^2\,Cl}\\ \mathrm{2\,Ag\,S}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{2\,Cu\,S}\\ \left.\begin{matrix}\mathrm{Ag^2\,Cl}\\ \mathrm{2\,Hg}\end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix}\mathrm{Hg^2\,Cl}\\ \mathrm{2\,Ag}\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$$

con las cuales se explican los resultados prácticos de tal sistema."

El Sr. Fernández nos dice que no se ha *podido extraer de una torta en beneficio, por disolventes, el cloruro de plata.* La experiencia requiere, en efecto, ciertas precauciones, sin las cuales su éxito es dudoso.

En 1859, el profesor D. Miguel Velázquez de Leon, se propuso resolver el problema, de si en efecto en las tortas se formaba cloruro de plata, con motivo de que el hábil azoguero D. Cárlos Birkbeck, radicado entónces en Guanajuato, sostenia la teoría recien publicada de D. Juan Bowring, y negaba, por tanto, la dicha cloruracion de la plata.

Hay circunstancias, poco estudiadas todavía, en que tomando un ensaye de lama de alguna torta en beneficio, ó no existe cloruro de plata, ó lo hay en tan pequeña cantidad que su presencia es difícil comprobarla. Esta interesante observacion del inteligente ingeniero D. Manuel M. Contreras, seria bastante para explicar el resultado negativo de algunas experiencias aisladas para comprobar la presencia del cloruro de plata en las tortas. El Sr. Velázquez de Leon, sin embargo, demostró esa presencia, segun se advierte por las siguientes notas escritas por él mismo, y que despues copiamos los que tuvimos la honra de ser sus discípulos:

"Abril 5 de 1859. En la hacienda de San Francisco de Flores, (en Guanajuato), se ensayó con agua amoniacal un poco de lama de una torta de tierras de la mina de Mellado, salada ayer con 3 @ de sal por monton, y una arroba de magistral, que se dejó sin incorporar con objeto de observar la cloruracion. La torta tenia una ley de 4.70 marcos por monton de 32 quintales. Las dos primeras pruebas hechas sobre dos ó tres pulgadas cúbicas de lama dieron un resultado muy dudoso. En seguida, temiendo que la lama sutilísima encubriese el cloruro de plata é impidiese su disolucion en el amoniaco, se puso una porcion de lama del tamaño de un guisante, en tres ó cuatro centímetros cúbicos de amoniaco concentrado; aplicando un calor suave y agitando, se consiguió la completa desagregacion de la lama. Filtrando entónces el agua amoniacal y saturándola con ácido nítrico puro, pudo verse perfectamente la fuerte opalecencia producida por el cloruro de plata. Se repitió dos veces más esta experiencia, con igual resultado, lo que prueba que hay cloruracion de la plata en el procedimien-

to de patio, ántes de agregar el azogue, aun tratándose de frutos tan pobres como los de la experiencia.

"En seguida se ensayó del mismo modo una torta de frutos de la mina de Purísima, que contiene plata agria, sulfúrea y poco rosicler; esta torta, de 41 montones, 8 quintales, tiene una ley de 6.14 por monton; lleva 13 dias de beneficio, se saló con 4 @ de sal por monton y 1 @ de magistral, y se incorporó con 850 libras de azogue. La cloruracion apareció con la misma facilidad y evidencia que en la experiencia anterior. Aun en presencia del azogue puede demostrarse, segun esto, que en el beneficio de patio existe el cloruro de plata, contra todo lo que asienta el Sr. Bowring.

"Abril 7. Como pudiera suponerse que la plata no está clorurada en la torta y que se clorura en presencia y bajo la influencia del amoniaco, se repitieron hoy las experiencias sobre las mismas tortas de San Francisco, lavando primeramente la lama hasta quitarle la última porcion de sal y de bicloruro de cobre; es decir, hasta que las aguas de lavado no se enturbiaron con el nitrato de plata; en seguida se trató la lama con amoniaco en frio ó en caliente, obteniendo siempre con la mayor evidencia el cloruro de plata por la saturacion del líquido amoniacal con ácido nítrico.

"Abril 11. En la hacienda de Santa Ana ensayamos en presencia del Sr. Birkbeck, la prueba de mineral de Mellado, con sal y sulfato de cobre. La solucion amoniacal precipitó por la saturacion una cantidad enorme de cloruro de plata.

"En seguida ensayamos una torta de la mina del Pabellon, que está próxima á rendirse. El método que se aplicó fué el mismo que á la torta de San Francisco, y se obtuvo un precipitado muy notable de cloruro de plata.

"Agosto 12. En la hacienda de la Purísima, en Pachuca, la lama de la torta número 3 de la mina de Maravillas, con una ley de 30 marcos 32 centavos por monton (30 quintales), incorporada hoy á razon de 12 libras de sulfato por monton, se probó dos horas despues del incorporo con amoniaco, y dió una espesa nube de cloruro de plata."

Estas experiencias demuestran que en las tortas se encuentra formado casi siempre el cloruro de plata, tal y como toma orígen en las pruebas de laboratorio; sujetando á la accion de un líquido que contenga disuelto cloruro de sodio y sulfato de cobre, la pla-

ta químicamente pura, ó la nativa de las vetas, la argentita, la polibasita, la estefanita, el rosicler oscuro (ó pirargirita), el claro (ó proustita), y la miargirita.

En algunos casos tiene una explicacion satisfactoria que no aparezca cloruro de plata en las tortas, porque este compuesto, en efecto, no viene á formarse sino hasta despues de varios dias del incorporo. Las experiencias del Sr. Velázquez de Leon demuestran que el agente principal de la cloruracion de los rosicleres [antimonial y arsenial] es el oxicloruro de cobre, y este agente no puede quedar formado en las tortas sino hasta despues de algunos dias de agregado el sulfato de cobre. "El Sr. Birkbeck, dice el Sr. Velázquez de Leon, nos hizo observar que las tortas de la mina del Pabellon [en el distrito de la Luz, en Guanajuato, cuya pinta principal eran los rosicleres] dilataban ocho ó diez dias para entrar en beneficio, y preguntándole la causa y si la torta ensayada no indicaba falta de magistral por el color del azogue y la ausencia del bicloruro de cobre [Cu Cl], nos contestó: que los frutos del Pabellon se incorporaban con el color amarillo [del boton de azogue de la tentadura] y subian despues á mediados del beneficio, sin necesidad de más magistral." Más adelante agrega en su diario el Sr. Velázquez de Leon, bajo la fecha de Abril 19 de 1859: "Ayer visitamos tambien la hacienda de Santa Ana, vimos la marcha de las tortas en beneficio, y repetimos delante del Sr. Birkbeck la experiencia para probar que el protocloruro de cobre [$Cu^2$ Cl], pasando á cloruro de protóxido, da lugar al color amarillo dorado del azogue. El Sr. Birkbeck nos hizo observar, que las tortas del Pabellon, compuestas de rosicler como pinta argentífera dominante, necesitan presentar este color para estar bien *encaminadas*, lo que está de acuerdo con la experiencia hecha el dia 16; la cual prueba, que el clorurante del rosicler es el proto [$Cu^2$ Cl] y no el bicloruro de cobre [Cu Cl]: que excediéndose la dósis de magistral hasta poner en color gris el mercurio, el beneficio no marcha y se pierde mucha plata y azogue."

Respecto del color del boton de azogue de las tentaduras, se expresa el Sr. Velázquez de Leon de la manera siguiente:

"Poniendo en contacto azogue con protocloruro de cobre [$Cu^2$ Cl], un poco de agua, y dejándolo expuesto al aire, toma el mercurio el color *amarillo dorado* como el del boton de azogue de las

tentaduras que indica *frio* en las tortas, y que segun esta experiencia, se debe á la formacion de cloruro de protóxido de cobre. En una torta deberá formarse, cuando todo el cobre se halla en estado de protocloruro [$Cu^2$ Cl] y como cuando el azogue presenta el color amarillo generalmente la torta no marcha, se infiere que no es siempre el protocloruro el agente del beneficio como lo pretende el Sr. Bowring.

"Agregando una cantidad cortísima de bicloruro de cobre [Cu Cl], aun cuando se halle presente una fuerte dósis de protocloruro, el azogue pierde el color amarillo dorado, y toma en el acto el ligeramente agrisado que indica buena marcha en el beneficio de patio.

"Atacando el mercurio con bicloruro de cobre [Cu Cl] y sal marina, para cubrirlo con una capa de protocloruro de mercurio [$Hg^2$ Cl] y poniendo encima un trozo de cal viva, la costra de protocloruro se trasforma en protóxido, produciendo esta reaccion un ligero color negro, muy semejante al que se observa sobre el azogue en el caso de extrema frialdad."

De estos hechos y experiencias se puede deducir, que en aquellas tortas en las que los rosicleres constituyen la única pinta, ó al ménos la dominante, del mineral argentífero en Guanajuato, el beneficio no se encarrila hasta que la totalidad del cloruro cúprico, *Cu Cl*, se ha trasformado por algunas reacciones químicas en cloruro cuproso, $Cu^2$ Cl, que á su vez pasa á oxicloruro, que es, segun se infiere, el agente clorurante de los rosicleres, y para estas trasformaciones en grande escala trascurren ocho ó diez dias. Tomando su curso el beneficio, el boton de azogue va adquiriendo su color agrisado característico de buena marcha, lo cual indica que en el curso de las reacciones químicas de esas tortas, se llega á formar de nuevo el cloruro cúprico, *Cu Cl*, que fué eliminado al principio por las reacciones, para que el beneficio tomara su carril.

La eliminacion inicial del cloruro cúprico y su regeneracion posterior en la secuela del beneficio, es ciertamente un hecho muy notable. Esta regeneracion parece comprobar la interesante apreciacion del profesor Fernández, de que el sulfuro de cobre engendrado en las reacciones del patio, pasa por la oxidacion al contacto del aire á formar sulfato, el que á su vez, en presencia de la sal mari-

na, se trasforma en cloruro cúprico, cuya disolucion se conserva en el mismo grado de energía, poco más ó ménos, durante todo el beneficio, por el encadenamiento sucesivo de las mismas reacciones químicas.

Las tortas procedentes de la mina del Pabellon, segun las experiencias del Sr. Velázquez de Leon, apénas manifestaban la presencia del cloruro de plata en los primeros dias despues del incorro; pero hácia el final del beneficio, esa presencia la dejaban reconocer de una manera bien marcada.

Las experiencias que personalmente he hecho sobre tortas en beneficio avanzado, en la estacion más favorable para su marcha, ó sea durante los dias secos y de buen sol de la Primavera, siempre me han dejado reconocer la presencia del cloruro de plata. Dichas experiencias las he ejecutado de la manera siguiente: En un tubo de reaccion de unos quince centímetros de largo, por quince milímetros de diámetro, más ó ménos, he colocado tres ó cuatro centímetros cúbicos de lama de la torta por ensayar; sobre ella he puesto agua amoniacal medianamente concentrada, hasta enrasar á la mitad ó poco más de altura en el tubo, y despues, puesto el puesto el pulgar sobre la boca de dicho tubo, he agitado con violencia y repetidamente la mezcla. Trascurrido un reposo de minutos he vuelto á agitar hasta quedar satisfecho de que la lama ha quedado bien desleida, y en caso contrario, he agitado repetidas veces hasta conseguir el objeto. Despues he filtrado la disolucion, sobre doble papel mojado de antemano con agua amoniacal, y he recogido el líquido, generalmente limpio, en otro tubo de reaccion bien trasparente. Caso de que el líquido filtrado quede ligeramente turbio, entónces se tapa lo mejor posible con un vidrio de reloj y se deja en reposo por 24 horas hasta que quede perfectamente cristalino, por la sedimentacion de la finísima lama que atravesó el filtro. De uno ó de otro modo, supuesto el líquido bien limpio, se inclina ligeramente el tubo que lo contiene y se le agrega ácido nítrico puro muy lentamente, de manera que se deslice por la pared de dicho tubo, hasta llegar en pequeñas dósis sobre el líquido amoniacal. Siguiendo este método, se forma en la parte superior del líquido de prueba, una estrecha zona que puede engrosarse á voluntad con precaucion, en la que el amoniaco se neutraliza por completo y deja aparecer la opalecencia más ó ménos

perceptible de cloruro de plata, que generalmente se marca bien, por el contraste entre el líquido cristalino inferior y el más ó ménos turbio que sobrenada.

Segun lo expuesto, se comprende bien que las cantidades de ingredientes empleados para el beneficio de patio son bastante variables, bien se les considere en relacion con la total masa mineral que forma las tortas, ó bien con la cantidad de plata contenida en dicha masa. Esta última relacion parece la más racional de tomarse en cuenta, si se atiende á que el objeto de las reacciones es la extraccion del metal precioso. Sin embargo, es todavía muy general, segun lo expresado anteriormente, que la adicion de la sal marina se ejecute en Guanajuato en proporcion á la masa total, en la relacion de 5 á 6 arrobas por monton [de 32 quintales]; por consiguiente, el uso de este ingrediente está de todo punto sujeto á la voluntad del azoguero, y la economía del costo es la única taxativa para no poderse ejecutar una adicion más amplia, que indudablemente redundaria en acelerar el beneficio. La cantidad de agua existente en las tortas, disolveria, sin tocar del todo el punto de saturacion, el doble de las 5 ó 6 arrobas, en los meses que no son del invierno.

El uso del magistral, ó bien del sulfato de cobre, tiene que ceñirse á la naturaleza de la masa por beneficiar y á la época del año en que se ejecuta el tratamiento. Durante la primavera y el verano, requieren las tortas mayor cantidad que en el invierno; pero como una compensacion, en aquellas estaciones el beneficio ó sean las reacciones químicas, marchan con mayor rapidez.

Conviene agregar como interesantes observaciones [que se deben á las experiencias ilustrativas del beneficio de patio ejecutadas por el Sr. Velázquez de Leon], las siguientes, que se refieren á la naturaleza de la masa por beneficiar:

1ª Que la calcita procedente de los minerales, existente en las tortas, obliga á gastar mayor cantidad de sulfato de cobre, supuesta la accion ejercida por el cloruro cúprico sobre el carbonato de cal, con desprendimiento de ácido carbónico.

2ª Que los minerales provistos de chalcopirita, cuya especie mineralógica suele ser frecuente entre los acompañantes, requieren menor cantidad de sulfato, porque, durante las reacciones del beneficio el sulfuro de cobre entra en oxidacion, y por resultado fi-

nal, llega á formar, en presencia de la sal marina, el cloruro cúprico que entra en accion á medida que se forma.

Ambas observaciones indican claramente algunas de las razones por las que debe ser variable la cantidad de sulfato de cobre empleado en las tortas, con el fin de obtener la solucion del cloruro cúprico al grado conveniente de dilucion, tal y como lo estima el respetable profesor Fernández en los renglones ántes trascritos. Buena aclaracion seria, para comprobar estas importantes apreciaciones, ensayar por cobre las aguas de diversas tortas en la estacion de la seca, y esto en los diversos períodos del beneficio.

La cantidad de azogue, segun lo expresado ántes, se aplica con entera sujecion á la dósis de la plata que se juzga extraer.

Por vía de ilustracion á lo expuesto, pondré dos ejemplos citando los consumos prácticos de ingredientes en haciendas de Guanajuato.

En una de ellas se beneficiaron sin interrupcion, en tres años, 5271,$^{28}$ montones [de á 32 quintales], y los consumos fueron los siguientes:

*Por monton:* 132 libras de sal ó sea el 4,$^{11}$ por 100 del mineral; 18 libras de sulfato de cobre, supuesto cristalizado, existente en el magistral, ó sea el 0,$^{57}$ por 100 del mineral.

*Por marco* (½ libra) de plata de rendimiento en el patio, 29 libras de sal marina, con de 80 á 90 por 100 de cloruro de sodio y vestigios de carbonatos alcalinos; 3,$^{96}$ libras de sulfato de cobre, supuesto cristalizado, existente en el magistral; 12,$^{27}$ onzas de azogue en el patio.

En otra hacienda de mayor magnitud, en el segundo semestre del año, se beneficiaron 2883,$^{66}$ montones, siendo los consumos los siguientes:

*Por monton:* Sal, 140½ libras, ó sea el 4,$^{4}$ por 100 de la masa mineral; sulfato de cobre cristalizado, 20,$^{67}$, ó el 0,$^{64}$ por 100 de la masa mineral.

*Por marco de plata:* Sal marina, 41,$^{02}$ libras; sulfato de cobre cristalizado, 6,$^{04}$ libras; azogue en el patio, 10,$^{28}$ onzas.

Estas proporciones, modificándose ampliamente en un mismo distrito minero, el cambio es más aparente tratándose de diversas regiones del país, en las que el tipo mineral argentífero aparece notablemente variado. No carecen estas comparaciones de impor-

tancia, pero su estudio nos llevaria muy léjos; sin embargo, seria de desearse que la estadística minera nos diera á conocer las relaciones del consumo de ingredientes con la masa mineral tratada en crudo ó quemada, y con la plata obtenida por rendimiento en el patio, en todas las regiones del país. Este estudio práctico en grande escala, podria arrojar alguna luz sobre la teoría de un procedimiento metalúrgico digno todavía de estudiarse.

Podria presentar un gran número de datos relativos al empleo de ingredientes en las tortas guanajuatenses, pero me parece innecesario, y como única observacion me limitaré á decir, que la cantidad de sulfato de cobre llega á descender su aplicacion hasta 5 ó 6 libras por monton de 32 quintales, ó sea de 2½ á 3 veces el peso de la plata por obtener.

Los ensayes en escala practicados en Guanajuato para ejecutar la molienda fina por medio de molinos hidráulicos de almadanetas, ó de algun otro sistema en el que únicamente la trituracion se efectúe con la ayuda de aparatos de fierro ó de acero, produjeron hace años resultados antieconómicos con motivo del considerable aumento en el consumo del magistral. En efecto, las partículas de fierro ó de acero desprendidas de la máquina trituradora por la accion del trabajo, al pasar con las lamas al patio, ejercian una accion precipitante sobre el sulfato de cobre, y este cuerpo, en estado metálico, á su vez obraba sobre otra porcion de cloruro cúpnico para convertirlo en subcloruro, que como queda dicho, es un agente ménos enérgico en el beneficio; en consecuencia, un átomo de hierro descomponia uno y medio átomos de sal cobriza, y por tanto el consumo de magistral se elevaba demasiado en una época en que su precio era subido. Actualmente, el menor costo del sulfato de cobre acortaria bastante ese inconveniente económico: pero es de advertir además, que en las haciendas de Velasco, San Miguel y Regla, de la Compañía del Real del Monte y Pachuca, se usan hoy con buen éxito unos cilindros de madera, provistos de numerosos imanes en forma de herraduras, asegurados en los cilindros por la parte curva de dichos imanes, y presentando estos al exterior una serie de láminas bastante reunidas para constituir especies de coladeras. Tres ó cuatro cilindros de esta clase, convenientemente espaciados dentro del canal de tránsito de las lamas provenidas de la molienda, depuran la masa mineral del hierro ó acero

que en estado metálico pudiera contener. De tiempo en tiempo se hacen girar los cilindros, con el fin de separar á mano los trozos y partículas metálicas retenidas por los dichos imanes.

Si en Guanajuato pudieran adoptarse con buen éxito para el beneficio de patio, por la clase de la molienda, y con economía en cuanto al costo de la porfirizacion, los aparatos de fierro ó de acero, un método análogo de barritas imantadas daria seguramente buenos resultados para la práctica.

Cuando las tortas han concluido su beneficio en el patio, se sigue la secuela de otras operaciones, que el ingeniero Sr. Glennie, en el opúsculo que he venido citando, describe textualmente de la manera que sigue:[1]

"LAVA.—Terminado el beneficio en el patio se procede á lavar la torta, cuya operacion consiste en separar la pella de la parte lamosa y terrosa, y se practica en un aparato llamado *lavadero*, el que se compone de tres ó cuatro grandes tinas circulares de madera ó mampostería, que se comunican entre sí por medio de grandes agujeros llamados *buitrones*, que son de seccion cuadrada, y dos de ellas se comunican tambien con el exterior; la primera para recibir la lama y la última para el descargue. Dentro de esas tinas gira un molinete de cuatro aspas, las que puestas en movimiento deshacen la lama, quedando ésta en suspension en el agua por todo el tiempo conveniente para que se asienten en el fondo la pella y el azogue. Antes de proceder á lavar se comienza por ablandar la torta, echándole el agua necesaria para que quede toda la masa en completo estado de fluidez; y preparada así, se lleva por un canalon formado en el mismo piso que ocupa la torta, arrastrándose por una mula uncida á un camon de madera que la va arrollando hasta echarse en la primera tina, que por eso se llama cargadora.

"Echada la primera carga ó sea la porcion de lama que se ha de poner segun la capacidad del lavadero, y estando las tinas con agua hasta la mitad se da un movimiento rápido á las aspas, cuya operacion se llama *batir*, y termina generalmente media hora despues de puesta la carga; se acaban entónces de llenar las tinas de agua y se da á las aspas un movimiento lento, cuya operacion se llama *asentar*, y debe durar hora y media lo ménos, para estar seguro de su perfeccion. Síguese luego la descarga, pero ántes se

1 *Asuntos Mineros por Miguel Rul.* México, 1881, pág. 33.

hace una tentadura para ver si ha sido bueno el asiento: para esto se introduce en la tina que comunica con la última, llamando á ésta el piojo, un pequeño vaso cerrado herméticamente, el cual se abre por un mecanismo particular á la altura del orificio de comunicacion de esta tina, y el contenido del vaso se recibe en una jícara en donde se hace la tentadura: si el asiento ha sido bueno, aparece una ceja de lis ó desecho de azogue, que al estregarla no produce globulitos de mercurio, y además algunas piritas y partes terrosas; pero si la ceja produce glóbulos de mercurio, es señal de que el asiento no ha sido perfecto y entónces se continuará asentando hasta obtener los caracteres referidos, procediendo desde luego á descargar el lavadero, lo que se hace destapando el agujero de la tina del piojo para que salga la lama hasta ese nivel, y para mayor seguridad se hace tambien una tentadura de la lama que ha salido, á fin de corregir con tiempo el defecto que se note.

"Se pone en seguida una nueva carga, repitiéndose las mismas operaciones hasta lavar toda la torta, y hecho esto, se practica la operacion de *enjuagar*, para lo cual se vuelven á llenar de agua las tinas á fin de quitar la lama más fina y se da nuevo batido, dejando asentar despues como si fuera una nueva carga, hasta que hecho el reconocimiento ó tentadura como se ha dicho, se procede al descargue con las mismas precauciones que se han explicado. Como la cantidad de lama que forma cada carga del lavadero es proporcional á las dimensiones de las tinas, la operacion completa dura más ó ménos dias: si las tinas tienen un diámetro de 3.35 y una profundidad de 1.67, se cargan generalmente 3 ó 4 montones [4 tons. mets. 419 á 5 tons. mets. 892]: y como cada carga dura unas dos horas, se emplean 3 ó 4 dias en lavar una torta de 100 montones. Es de advertirse, por último, que cuando la situacion respectiva del patio y del lavadero no permita que la lama se lleve por el canalon que se ha dicho, se conduce en bateas por hombres, en cuyo caso no es necesario ni conveniente que la lama se ponga muy aguada, y basta que esté blanda para que se lleve con facilidad: las demas operaciones no sufren variacion por este motivo. Se procede en seguida á la operacion de *apurar*, la cual consiste en sacar del lavadero la pella que se ha asentado y que en su mayor parte se encuentra en la tina cargadora y la que está aún revuelta con la cabecilla, que así se llama al mineral que no fué

reducido á lama y tiene la apariencia de arena. Esa cabecilla se coloca poco á poco en unas bateas grandes y hondas que se sostienen sobre el agua en una gran pila, y se les imprime un movimiento oscilatorio y giratorio para que la pella se asiente en el fondo, á cuyo fin se echa alguna cantidad de azogue para que atraiga á las partículas más resecas y no haya desperdicio.

"Mas como la pella así obtenida contiene mezclada tierra y otras impurezas, se sigue la operacion de la *limpia*, que la acaba de depurar. Para esto se la traslada á la azoguería, se la pone en una pila circular de piedra bien embetunada, se le agrega una nueva cantidad de mercurio y se le remueve hasta el fondo para que las suciedades ocupen la parte superior, y si hay algunos grumos duros, se les extrae para deshacerlos moliéndolos en una piedra, despues de lo cual, se mezclan con la masa general que queda en la pila, muy saturada de azogue.

"Una vez que se ha limpiado perfectamente bien la pella, se necesita sacarla para que quede en estado de una masa, con cuyo fin se coloca en una bolsa de forma cónica llamada *manga*, suspendida por su parte más ancha á un arbotante de madera por medio de fuertes cadenas; dicha bolsa es de cuero en la parte superior y de lona en la inferior, para que el azogue pueda pasar por sus poros: el propio peso de la pella comprimida en la manga hace que el azogue se escurra, y se ayuda dando golpes suaves por los lados con unos mazos de madera que la compriman más, y cuando ya no sale mercurio se saca la pella de la manga.

"Con esta *pella* se forman en moldes de fierro unos sectores de cilindro que llaman *marquetas* ó *bollos*, procediéndose en seguida á separar por medio del fuego el resto del mercurio amalgamado ó sea la quema.

"Quema.—Esta tiene lugar en un aparato llamado en su conjunto *capellina*, que consiste en un vaso circular de fierro colado ó cobre llamado *bacin*, que está embutido en el piso del lugar donde se hace: está formado de piedras de fuego perfectamente ajustadas entre sí y con el bacin; la superficie formada por estas piedras, que llaman planta tiene tambien la forma circular, y dichas piedras están labradas de tal modo, que forman al derredor del bacin un caño por el cual corre agua constantemente cuando se está haciendo la quema: el bacin tiene un agujero en el fondo para dar salida

al mercurio que se desprende por la accion del fuego, y comunica con una cavidad á fin de impedir alguna obstruccion en caso de que caiga alguna porcion de pella: en el fondo de esta cavidad hay un caño suficientemente inclinado por el que pueden resbalar los cuerpos que lleguen á él y que comunica con otra cavidad llamada *desazogadera*, donde se recoge el mercurio condensado producido en la quema.

"Para ejecutar ésta se coloca dentro del bacin una pieza de fierro llamada *candelero*, que se compone de un anillo en la parte inferior, un disco (con abertura en el centro) en la parte superior, y unidas estas dos piezas por cuatro varillas de fierro. El candelero se coloca de modo que el disco superior quede un poco más alto que el nivel del piso de la planta, y sobre este disco se coloca otro tambien agujerado en el centro, llamado platillo: sobre él se ponen los bollos alternando las orillas y formando un cilindro que debe quedar hueco en el centro, al cual se llama piña: éste se cubre como con capelo por medio de una pieza de fierro colado, bronce ó cobre, llamada campana ó capellina, tapándose perfectamente bien con ceniza mojada la juntura entre la campana y el bacin; se la rodea de ladrillos largos pero dejando un hueco que se rellena con carbon para que el fuego quede en contacto con la campana: puesto el fuego se mantiene por diez ó doce horas, primero suave y despues bastante fuerte, al cabo de cuyo tiempo se deja enfriar la campana; se la levanta y se quita la plata, que se encuentra sin derretirse, en la misma forma en que se puso en el platillo, pero ya sin azogue si la operacion fué bien hecha, lo cual se reconoce acercando un cuerpo húmedo, como un trozo de fierro ó de madera, en el que se depositan vapores de mercurio si la quema no estuviere perfecta, en cuyo caso se debe poner de nuevo el aparato para continuar la operacion.

"Extraccion de polvillos.—Tanto en la raspa como en la lava se obtiene una cierta cantidad de cabecillas, las que contienen cantidades variables de plata y principalmente piritas argentíferas con una ley de oro mucho mayor que la obtenida por los ensayes de granza.

"Las separaciones de las partes metálicas se efectúan en unos aparatos de concentracion llamados *planillas:* las hay de varias formas, pero las más generalmente usadas consisten en unos ca-

jones hechos con una cierta inclinacion en el fondo, teniendo poco más ó ménos dos metros de largo y un metro de ancho. En la parte superior se coloca el mineral por concentrar y sobre él se arrojan pequeñas cantidades de agua que al caer arrastra hácia la parte inferior las sustancias terrosas, quedando los polvillos en la parte superior, aunque mezclados con sustancias extrañas: su completa purificacion se consigue con nuevos lavajes de los residuos.

"Se extrae tambien alguna cantidad de pella de la que se ha escapado del lavadero al hacer el descargue ó de las bateas al apurar la torta. A la parte concentrada se da el nombre de polvillos, los que para aprovecharse se muelen de nuevo en un arrastre y se reverberan para usarlos en vez de magistral, ó bien primero se reverberan y despues se muelen, á fin de extraerles una parte del oro y plata que contienen. Se recoge generalmente en los polvillos un 2 por 100 de la ley del mineral, aunque esto puede variar mucho segun su naturaleza."

Para concluir el inteligente Sr. Glennie la descripcion técnica del beneficio de patio, estampa las siguientes apreciaciones:

"La cantidad de plata extraida de la torta, agregada á la que quedó asentada en los arrastres, nunca llega á ser igual á la indicada por los ensayes de la granza: hay siempre una pérdida que asciende en circunstancias normales de 5 á 8 por 100; y se nota tambien que por cada marco de plata que se obtiene, se pierden de 10 á 12 onzas de mercurio.

"De la cantidad de oro marcado en los ensayes de granza se saca el 75 por 100 cuando se encuentra en el estado nativo, y solamente un 40 por 100 ó ménos si está en las piritas."

Ampliando tan acertadas descripciones, diré, que el lavadero guanajuatense es en mi concepto uno de los aparatos mexicanos que mejor llenan su objeto. En Europa ha sido dado á conocer por medio de dibujos, entre otros autores, por E. Tilmann[1] y por J. Arthur Phillips.[2] En las tres ó cuatro *tinas* [como se les llama en Guanajuato], todas iguales en sus dimensiones y colocadas al mismo nivel, se ejecuta la operacion del lavado de tal manera, que la

1 *Der Bergbau und das Amalgamations Verfahren in dem Bergwerks-Distrikte von Guanajuato in Mexico.*—Münster, 1866, pág. 50.

2 *The Mining and Metallurgy of Gold and Silver.*—London, 1867, pág. 342.

amalgama argentífera ó pasilla, los glóbulos de mercurio y los residuos minerales ricos que se escapan en cortas cantidades de la primera tina se recogen en gran parte en la segunda, y lo que pasa de ésta, en parte se recoge en la tercera ó á su vez en la cuarta, si el aparato es de cuatro tinas. Conviene hacer presente que las partículas de pella de plata recogidas en la última tina, son notablemente más ricas en oro que las asentadas en las primeras tinas.

A la vista de uno de estos lavaderos, ocurre la duda de que si en vez de que los molinetes [con sus cuatro aspas en cruz y la serie de ramplones verticales fijos en ellas] giren con igual velocidad cada uno en su tina, no convendria que la dicha velocidad de rotacion, partiendo de la primera tina ó sea la cargadora, fuese decreciendo ligeramente de una á otra, hasta llegar á la última. Parece que de esta manera aquellas partículas utilizables que no pudieran depositarse en virtud de la accion centrífuga agitadora de la primera tina, encontrarian condiciones más favorables en la segunda, y así sucesivamente hasta llegar á la última. Modificando la relacion de los engranes, con facilidad se lograria obtener las variaciones de velocidad propuestas. ¿Se habrán ya hecho ensayos de esta naturaleza?

Por lo demas, es preciso reconocer que el lavadero es quizá el aparato de más importancia en una hacienda de beneficio de patio, en virtud del uso mismo al cual se le destina, cual es separar lo mejor posible las materias aprovechables, entre ellas como la más importante la amalgama de plata, de las que no tienen ya valor industrial de importancia. Un lavadero que desempeña imperfectamente su cometido, es indudable que dará lugar á pérdidas, y aun cuando el costo de ese trabajo aparezca económico, desde el momento en que sea imperfecto, al aumentarle el importe correspondiente al desperdicio que origine de la amalgama preciosa, dicho trabajo tendrá que resultar oneroso.

¿De qué sirve, en efecto, que haya habido particular esmero en la adquisicion de los minerales, en la secuela de las operaciones mecánicas por las que atraviesan las masas sujetas al tratamiento, que despues pasan al patio, y en fin, que con estudio se haya atendido cuidadosamente el rendimiento de una torta, con el fin de aprovechar hasta un marco de plata más ó ménos que pueda pro-

ducir, si despues dicha torta tendrá que sujetarse á un lavado suceptible de dejar escapar ocho ó diez marcos de plata, adquiridos con fuerte costo aumentado despues con los gastos del tratamiento? La pérdida pues, de cualquiera porcion del metal precioso, objeto final del beneficio, tiene que representar un desfalco, siempre nocivo, que si se repite en la secuela ordinaria del trabajo, durante el curso de un año representará un monto capaz de exceder con mucho en valor al costo mismo de un buen lavadero.

El consumo de agua de uno de estos aparatos en trabajo es, de 325 ó 433 litros por minuto, segun que sea de tres ó de cuatro tinas, ó sean 13 metros cúbicos por monton de 32 quintales, ó bien un peso poco más ó ménos igual á nueve veces el peso del mineral cargado para la lava.

Segun experiencias del respetable ingeniero D. Manuel M. Contreras, para la molienda en arrastre de una carga de 12 arrobas [138⅓ kilógramos] en Pachuca, se requeria un monto de 230 litros en 24 horas, y calculaba un consumo igual para el patío y el lavadero [de cajon], ó sea un total de 460 litros de agua en 24 horas por cada carga beneficiada, ó bien más ó ménos, de 10 á 12 veces el peso del mineral.

En Guanajuato el consumo de agua para todo el tratamiento es mayor, pues la porfirizacion exige 2½ veces próximamente del peso del mineral: así es que, el consumo total no puede estimarse en ménos de 12 á 14 veces el peso de la masa beneficiada, segun la estacion del año y la naturaleza del mineral.

La mayor parte de las haciendas de beneficio en Guanajuato, se surten del agua indispensable para su consumo, por medio de pozos provistos de norias abiertas entre los acarreos que constituyen el lecho de la Cañada de Marfil, ó de sus tributarias; por consiguente, casi todas las oficinas de esta especie se encuentran construidas al lado de los arroyos, y pocas son las provistas abundantemente por medio de presas del líquido indispensable. Algunas haciendas situadas en la parte alta de las cañadas, en las regiones ya casi destituidas de acarreos, en el lecho de los arroyos, con frecuencia carecen en la estacion de la seca (en la primavera) del agua más precisa para su consumo, y cuando es posible, apelan al agua extraida de las minas para cubrir sus necesidades.

Se comprende bien que las oficinas situadas en la parte más ba-

ja ó sea en la Cañada de Marfil, que es el cauce natural de la cuenca hidrográfica de la ciudad de Guanajuato, puedan proveerse de la cantidad de agua suficiente por medio de norias, supuesto que, entre las capas de cascajo que forman el lecho del arroyo, descienden y siguen su curso por infiltracion las aguas del desecho de la poblacion y las del desagüe de las minas situadas en estas regiones.

### Costo del beneficio de patio en Guanajuato.

El ingeniero Sr. Glennie, en el opúsculo que he venido copiando [*Asuntos Mineros* pág. 41], presenta un cuadro importante de costos del tratamiento de patio por monton de 32 quintales; cuadro que sin muy notables diferencias, puede aceptarse aun para la actualidad. Su tenor es el siguiente:

"*Datos económicos sobre el costo aproximativo de maquila de un monton de frutos, en el supuesto de que una fanega de maiz valga* $ 1 37½ *y una arroba de paja* $ 0–15½.

#### Granceo.

| | | |
|---|---|---|
| 8 mulas, su manutencion por una semana..... | $ 10 | 50 |
| 4 peones ó huaches..... | „ 13 | 50 |
| 1 arreador..... | „ 5 | 00 |
| Reposiciones ..... | „ 4 | 00 |
| Corresponde al valor del trabajo de 6 noches..... | „ 19 | 00 |
| Suma..... | $ 52 | 00 |

que dividida entre 56.25 montones que se muelen generalmente en una semana con un trabajo de 24 horas diarias, da para costo de granceo de un monton..... $ 0 92

#### Molienda a 10 quintales en 30 arrastres.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 130 mulas á $ 0.18¾ diarios en 7 dias..... | $ 170 | 62½ | |
| 1 capitan..... | „ 13 | 00 | |
| 1 ayudante ..... | „ 7 | 00 | |
| Al frente..... | $ 190 | 62½ | $ 0 92 |

| | | |
|---|---|---|
| Del frente..... | $ 190 62½ | $ 9 92 |
| 3 tolveros á $ 3..... | „ 9 00 | |
| 5 arrastreros á $ 4..... | „ 20 00 | |
| 3 veladores á $ 4..... | „ 12 00 | |
| 2 corraleros á $ 3..... | „ 6 00 | |
| 1 noriero..... | „ 3 00 | |
| 170 piedras de fondo á $ 0.12½ carga.... | „ 10 62½ | |
| 13 piedras voladoras á $ 2.50..... | „ 32 50 | |
| SUMA..... | $ 283 75 | |

cuya cantidad de $ 283.75, dividida entre 56,25 montones, da para un monton ..... „ 5 04

PATIO.

25 mulas para repasar 100 montones. Corresponde á un repaso:

| | |
|---|---|
| Mulas..... | $ 4 68¾ |
| 7 peones..... | „ 3 50 |
| | $ 8 18¾ |

Corresponde á un monton $ 0.08.

| | | |
|---|---|---|
| Para 14 repasos..... | | $ 1 12 |
| (1) 5 arrobas de sal á $ 0.40 @..... | | „ 2 00 |
| (2) 13 libras sulfato á $ 0.09 lb..... | | „ 1 17 |
| 1 capitan..... | $ 5 00 | |
| 2 veladores ... | „ 10 00 | |
| | $ 15 00 Corresponde á un monton..... | „ 0 28 |
| SUMA..... | | $ 4 57 „ 4 57 |

1 Cinco arrobas de sal á $ 6 carga, dice el original; pero me he tomado la libertad de poner por precio de la arroba el actual, de $ 0.40 cents.

2 El precio del sulfato en el original es de $ 12, y yo he sustituido el actual de $ 9. La diminucion de esta y la anterior partida, implica un rebajo total de $ 0.89, sobre el importe de maquila marcado por el Sr. Glennie.

### Lava, apurada y quema.

| | | |
|---|---|---|
| 10 mulas, en 4 dias | $ | 7 50 |
| Gastos diversos | „ | 38 00 |
| 32 arrobas carbon á 1½ reales | „ | 6 00 |
| Suma | $ | 51 50 |
| Corresponde á un monton | „ | 0 51 |

### Gastos Generales.

| | | |
|---|---|---|
| Sueldos | $ | 65 00 |
| Renta | „ | 25 00 |
| Reposiciones y gastos diversos | „ | 35 00 |
| Suma | $ | 125 00 |
| Corresponde á un monton | „ | 2 22 |
| Importa la maquila de un monton | $ | 13 26 |

Este es pues, el costo, sin incluir el valor del azogue perdido en el beneficio. Suponiendo frutos de una ley de 5 marcos por monton, una pérdida de plata por la misma unidad de peso de 0,50 y la de mercurio de 10 onzas por marco extraido, se obtiene el resultado siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| Maquila de un monton sin azogue | $ | 13 26 |
| 4½ marcos de plata extraidos, á 10 onzas de azogue perdido por marco, son $2\frac{8125}{}$ libras que á $ 80 el quintal, importan | „ | 2 25 |
| Maquila de un monton de 5 marcos con azogue | $ | 15 51 |

Partiendo de las cifras que anteceden, el cálculo produce los resultados siguientes:

*Detalle aproximativo del costo de beneficio de un monton, con cinco marcos de ley docimástica, bajo las mismas condiciones del cálculo anterior.*

| | | | Siendo 100 el importe total, los parciales son: | |
|---|---|---|---|---|
| GRANCEO. | | | | |
| Mano de obra | $ 0 66 | | $ 4 26 | |
| Fuerza motriz | 0 19 | | 1 22 | |
| Reparaciones | 0 07 | $ 0 92 | 0 45 | $ 5 93 |
| PORFIRIZACION. | | | | |
| Fuerza motriz | $ 3 03 | | $ 19 54 | |
| Mano de obra | 0 89 | | 5 74 | |
| Piedras consumidas | 0 76 | | 4 90 | |
| Vigilancia | 0 36 | 5 04 | 2 32 | 32 50 |
| PATIO. | | | | |
| Mano de obra | $ 1 04 | | $ 6 71 | |
| Vigilancia | 0 28 | | 1 80 | |
| Motor | 0 08 | | 0 52 | |
| Sal | 2 00 | | 12 89 | |
| Azogue | 2 25 | | 14 51 | |
| Sulfato de cobre | 1 17 | 6 82 | 7 54 | 43 97 |
| LAVA, APURE Y QUEMA. | | | | |
| Fuerza motriz | $ 0 07 | | $ 0 45 | |
| Mano de obra, vigilancia y gastos | 0 38 | | 2 45 | |
| Carbon | 0 06 | 0 51 | 0 39 | 3 29 |
| GASTOS GENERALES | | 2 22 | | 14 31 |
| *Total por monton* | | $ 15 51 | | $ 100 00 |

De este cuadro se deduce el siguiente resúmen de costos, conservando la proporcion de 100 para el importe total:

| | |
|---|---|
| Mano de obra | $ 19 16 |
| Fuerza motriz | „ 21 73 |
| Efectos consumidos | „ 40 23 |
| Vigilancia | „ 4 12 |
| Gastos generales y reparaciones | „ 14 76 |
| | $ 100 00 |

La partida más elevada, que es la de efectos consumidos, está formada de:

| | | En 100 partes. |
|---|---|---|
| Piedras consumidas en *los arrastres*..... | $ 4 90 | $ 12 18 |
| *En el patio:* Sal..... | „ 12 89 | „ 32 04 |
| Azogue..... | „ 14 51 | „ 36 07 |
| Sulfato..... | „ 7 54 | „ 18 74 |
| *En la capellina:* Carbon..... | „ 0 39 | „ 0 97 |
| | $ 40 23 | $ 100 00 |

Del valor total pues, de los efectos de mayor consumo en las operaciones del beneficio, los ingredientes del patio absorben muy cerca del 87 por 100.

Con objeto de establecer comparaciones, presentaré los siguientes datos pertenecientes á una hacienda de beneficio de importancia en Guanajuato, durante un semestre de 1887, en cuyo período porfirizó 2,868$\frac{88}{}$ montones, de 32 quintales, resultando un costo total del tratamiento por monton, incluyendo el azogue, de $15$\frac{77}{}$, con el maíz á $ 1.68 la fanega, la paja á $ 0.11 arroba y la alfalfa á $ 0.08 arroba.

La distribucion de costos en cien partes, es la siguiente:

| | |
|---|---|
| Mano de obra..... | $ 20 64 |
| Fuerza motriz..... | „ 18 27 |
| Efectos consumidos..... | „ 44 21 |
| Reparaciones y deterioros..... | „ 1 77 |
| Gastos generales y de vigilancia. | „ 15 11 |
| | $ 100 00 |

Entre los efectos consumidos, figuran los ingredientes del patio en la siguiente proporcion:

| | | En 100 partes. |
|---|---|---|
| Sal á $ 5.38 carga de 12 arrobas..... | $ 15 97 | $ 36 12 |
| Sulfato de cobre á $ 9.85 quintal..... | „ 12 92 | „ 29 23 |
| Azogue á $ 54 quintal..... | „ 7 37 | „ 16 67 |
| Los demas efectos..... | „ 7 95 | „ 17 98 |
| | $ 44 21 | $ 100 00 |

En este ejemplo la sal y el sulfato fueron comprados á un precio más elevado que el marcado en el caso anterior, pero el azogue

figura á un costo mucho más bajo; de modo que éste compensa sobradamente el mayor importe de los otros efectos, y sin embargo de estas circunstancias favorables, el gasto de los tres ingredientes en el patio montó en valor al 82 por 100 del total consumo de efectos. De muchísima importancia es pues, para el beneficiador, lograr los mejores tipos de precio en la adquisicion de esas sustancias de tan fuerte consumo.

El costo del tratamiento en el patio ha bajado paulatinamente en Guanajuato, y sin remontarse á épocas muy antiguas, para demostrar la asercion, será suficiente citar algunos datos numéricos. De una *boleta de maquila* autógrafa, de 18 de Enero de 1812, perteneciente á la hacienda del Sacramento, y que se refiere á frutos de la mina de Valenciana, copio las siguientes líneas:

| | Marcos. | Onzas. | Adarmes. |
|---|---|---|---|
| "Por el flete de 224 cargas de frutos traidos á 1½ reales, importe 42 pesos, que por razon de plata á $7–3 reales, son: | 5 | 5 | 9 |
| "Por la molienda y beneficio de veintiun montones, diez y nueve quintales que produjeron dichas cargas, á razon de 4 marcos, 6 onzas por monton, componen..... | 102 | 4 | 9 |
| "Por 207 libras 13 onzas de azogue en caldo que consumió y perdió dicha partida, el que á 50 pesos el quintal, importa 103 pesos, 7 reales, los que reducidos á plata á 7 pesos, 3 reales marco..... | 14 | 0 | 11 |
| "Son del importe de la maquila..... | 122 | 2 | 13 |
| "Produjo de plata copella la partida..... | 301 | 4 | 00 |
| "Quedan á favor de la maquila..... | 179 | 1 | 03 |
| *Total de plata.* | | | |
| "Sobrante á favor de la maquila..... | 179 | 1 | 03 |
| "Plata de ley de oro..... | 11 | 0 | 00 |
| "Id. de fuego de dos ensayes..... | 1 | 6 | 06 |
| *Total sobrante*..... | 191 | 7 | 09 |

"Los 11 marcos produjeron en las Cajas $ 177–5 reales."

Segun estos guarismos, se cobraba por el tratamiento de un monton de 32 quintales 4,$^{75}$ marcos de plata, que valorizada entónces á $ 7-37½, representaba un importe de $ 35,$^{03}$, sin incluir el valor del azogue, é incluyendo éste, para una ley de casi 8 marcos, resultan $ 39,$^{25}$ para el costo total. En aquella época era pues, casi el doble del precio actual de la maquila, supuesto que hoy se deduce, para efectuar la liquidacion de compra, 2,$^{50}$ marcos de la ley de plata por monton.

Tilmann, en el opúsculo que repetidas veces he citado,[1] presenta en pormenor la cuenta de gastos consiguientes al beneficio de patio de 5,474 montones de 32 quintales, formados casi exclusivamente de *tierras* de la Mina de Cata, con una ley média de 6,$^{69}$ marcos por monton, tratados en el curso de los años de 1862 y 1863, en la Hacienda de Flores, provista de 30 arrastres.

La magnitud del período y el detalle de los consumos dan mucho interes á este resúmen, que paso á trascribir:

"I.—GASTOS GENERALES.

| | | | |
|---|---|---|---|
| "1. Sueldo fijo de dependientes..... | $ 8,968 00 | | |
| "2. Sobresueldos de idem..... | „ 836 46 | | |
| "3. Renta de la hacienda..... | „ 4,100 00 | | |
| "4. Auxilio á operarios enfermos..... | „ 685 00 | $ | 14,589 46 |

"II.—GASTOS ESPECIALES.

"1. *Jornales.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| "*a.* Molino, granceo del mineral..... | $ 4,032 36 | | |
| "*b.* Galera de arrastres, porfirizacion. | „ 12,858 61 | | |
| "*c.* Lavadero..... | „ 3,081 69 | | |
| "*d.* Patio..... | „ 4,460 00 | | |
| "*e.* Planillas..... | „ 789 21 | | |
| "*f.* Raspa..... | „ 299 95 | „ | 25,521 82 |
| Al frente..... | | $ | 25,521 82 |

1 *Der Bergbau und das Amalgamations Verfahren in dem Bergwerks.—Distrikte von Guanajuato in Mexico.*—Münster, 1866, pág. 53.

"2. *Efectos consumidos.*

| | | |
|---|---|---|
| Del frente | | $ 25,521 82 |
| "*a.* 24,614 libras de azogue, á $ 95 el quintal | $ 23,483 30 | |
| "*b.* 5,474 arrobas de magistral, á $ 1. | „ 5,474 00 | |
| "*c.* 29,936 arrobas de sal, á 75 cents.. | „ 22,452 00 | |
| "*d.* 62 quintales de fierro, á poco más de $ 15 | „ 954 00 | |
| "*e.* Acero | „ 173 00 | |
| "*f.* 1,880 piedras voladoras, á $ 2–75. | „ 4,120 00 | |
| "*g.* 9,470 piedras de fondo, á 1¼ reales carga, de 5 piezas | „ 1,482 12 | |
| "*h.* Material de albañilería | „ 245 22 | |
| "*i.* Madera para reparaciones | „ 486 42 | |
| "*k.* Reatas para uncir las mulas | „ 390 00 | |
| "*l.* Jerga, para idem, idem | „ 294 82 | |
| "*m.* 3,126 arrobas carbon de madera para la capellina, á 1⅛ real | „ 424 00 | |
| "*n.* Alumbrado | „ 1,237 00 | |
| "*o.* 8,407 fanegas de maíz, á $ 1–75, para la mulada | „ 15,587 25 | |
| "*p.* 90,847 arrobas de paja, á 1¾ real, para la mulada | „ 19,872 85 | „ 96,675 98 |

"3. *Gastos diversos.*

| | | |
|---|---|---|
| "*a.* Trasporte de minerales (flete) | $ 12,508 00 | |
| "*b.* Extraccion de agua de las norias. | „ 314 48 | |
| "*c.* Herreros | „ 843 77 | |
| "*d.* Carpinteros | „ 870 42 | |
| "*e.* Albañiles | „ 422 42 | |
| "*f.* Herrador de mulas | „ 1,600 32 | |
| "*g.* Costo de 23 mulas muertas, á $ 30. | „ 690 00 | |
| "*h.* Ensayes | „ 262 75 | „ 17,512 16 |
| "Suma de gastos especiales | | $ 139,709 96 |
| "Gastos generales | | „ 14,589 46 |
| "Suma total de los gastos de beneficio | | $ 154,299 42 |

"La maquila, ó sea la tasa oficialmente fijada para el precio del beneficio de un monton de mineral, fué, en los años de 1862 y 1863, de 28 pesos. Comprende esta tasa todos los gastos del beneficio, con excepcion de los costos de flete y del azogue que se pierde. Por cuenta de la maquila se ponen 3 arrobas de sal por monton, de modo que el exceso gastado debe pagarse á la hacienda. En consecuencia, la Hacienda de Flores liquidó á la Mina de Cata los 5,474 montones de mineral, cuyos gastos quedan expresados, de la manera siguiente:

| | | |
|---|---|---|
| "1. Maquila de 5,474 montones, á $ 28..... | $ | 153,272 00 |
| "2. Por 24,614 libras de azogue, á $ 95 el quintal..... | „ | 23,483 30 |
| "3. Por 13,514 arrobas exceso de sal, á 75 centavos..... | „ | 10,135 50 |
| "4. Flete del mineral..... | „ | 12,508 00 |
| "Suma en favor de la hacienda..... | $ | 199,398 80 |
| "A deducir por gastos totales..... | „ | 154,299 42 |
| "Producto líquido de la Hacienda de Flores en dos años..... | $ | 45,099 38 |

"La liquidacion entre mina y hacienda, con motivo del producto de plata y oro, se ejecuta poco más ó ménos de la manera siguiente:

"I.—Plata.

| | | |
|---|---|---|
| "*a.* Procedente del patio, marcos... | 36,182 | |
| "*b.* Idem de los arrastres, marcos... | 1,513 | |
| Suma..... | 37,695 | |
| "Cuyo valor, deducidos los derechos, es de $ 8$^{56}$.... | | $ 322,669 30 |

II.—Oro.

| | |
|---|---|
| "Los 1,513 marcos de plata procedentes de los arrastres, contenian 565,425 gramos de oro, que á $ 3 el ciento, valen..... | „ 16,962 00 |
| "Valor del producto de oro y plata..... | $ 339,631 30 |
| "Se deduce el líquido á favor de la hacienda..... | „ 199,398 80 |
| Utilidad líquida..... | $ 140,232 50 |

que fueron pagados á la mina de Cata, como importe neto [deducidos los costos del beneficio] de 5,474 montones de 32 quintales, de mineral.

"Para dar á conocer los gastos de tratamiento de un monton, con ley de 6 marcos de plata, distribuidos en las diferentes operaciones, presentaré el siguiente resúmen, bajo la inteligencia de que cada marco de plata pierda el doble de azogue, al precio de $ 75 el quintal, y de que el precio de los efectos sea á $ 1 la arroba de magistral, á 75 centavos la de sal; la fanega de maíz á $ 1–75, la arroba de paja á 1¾ de real, y de que el arrastre muela 7½ quintales en 24 horas.

"Conforme á estas circunstancias, el beneficio de un monton de 32 quintales, con 6 marcos de plata [partiendo de la base de los 5,474 montones ántes expresados], ha costado como sigue:

| | | |
|---|---|---|
| "1. Gastos generales | | $ 2 71 |
| "2. Granceo: Jornales | $ 0 73 | |
| Efectos | „ 1 12 | „ 1 85 |
| "3. Porfirizacion: Jornales | $ 2 37 | |
| Efectos | „ 5 60 | „ 7 97 |
| "4. Amalgamacion en el patio: Jornales | $ 0 81 | |
| Efectos: *a.* Azogue | „ 3 51 | |
| *b.* Magistral | „ 1 00 | |
| *c.* Sal | „ 3 75 | |
| *d.* Diversos | „ 1 43 | „ 10 50 |
| "5. Lavadero: Jornales | $ 0 56 | |
| Efectos | „ 0 62 | „ 1 18 |
| "6. Destilacion de la pella | | „ 0 07 |
| "7. Ensayes | | „ 0 04 |
| "8. Concentracion de residuos | | „ 0 14 |
| "9. Raspa ó separacion del oro | | „ 0 05 |
| "10. Flete de los minerales | | „ 2 06 |
| "Total gasto ocasionado por el beneficio de un monton. | | $ 26 57 |

"Algunos gastos aumentan con la ley en plata, en razon del mayor consumo de azogue, magistral y sal; pero los demas permanecen los mismos, siempre que el precio de los forrajes y la cantidad porfirizada no varíen."

Estos datos, además de detallar los costos del beneficio de patio en Guanajuato, hace unos 25 ó 30 años, presentan un ejemplo claro de las liquidaciones en uso entónces entre las minas y las haciendas, con motivo de lo que se llamaba la *maquila* ó sea el cobro que las segundas hacian á las primeras por la extraccion de los metales preciosos existentes en los frutos.

El precio de algunos efectos importantes, como la sal y el sulfato de cobre [que hoy se emplea en vez del magistral], ha disminuido notablemente con motivo del establecimiento de la vía férrea del Central Mexicano, que toca á la ciudad de Guanajuato, y como por otra parte, en la actualidad se ejecutan con ménos costo la mayor parte de las operaciones del tratamiento, segun puede advertirse comparando este último resúmen con el consignado un poco ántes, resulta que el importe del beneficio ha disminuido en más de un cincuenta por ciento en el curso de un cuarto de siglo, y que por consiguiente, una gran masa de materias minerales que no alcanzaban una ley de plata costeable, y que sin embargo de haber sido extraidas de las minas no podian considerarse sino como escombros ó tepetates, despues han podido beneficiarse con ventaja, rindiendo un contingente á la produccion de metales preciosos, y una módica utilidad, por un lado, al minero, y por otro al beneficiador.

En uno de los capítulos anteriores he llamado la atencion sobre la decidida importancia de la inteligente idea del ingeniero D. Francisco Glennie, de apelar al concurso de los capitalistas beneficiadores, para formar Compañías co-aviadoras de las minas de Valenciana, Rayas y Mellado, en unas épocas en que, casi nulificado el ánimo de empresa minera entre los capitalistas guanajuatenses, ajenos al giro de haciendas, parecia imposible organizar Sociedades suceptibles de exhibir en dinero contante los gruesos capitales necesarios para acometer con las mayores probabilidades de buen éxito, la habilitacion del laborío de las principales y más profundas minas radicadas sobre la célebre Veta Madre de Guanajuato.

Decadente el giro de haciendas por la escasez de las masas minerales consiguiente al decrecimiento del trabajo en las minas y por la baja en el tipo de la maquila, ó bien por la alza en el precio de la compra de los frutos, fué bastante presentar á los capitalistas hacendados unas bases por medio de las cuales, tomando participio como aviadores en una Empresa minera, adquirieran el derecho de obtener en especie la carga mineral correspondiente á dicho participio, con un tipo de maquila superior al comun y corriente, como en Valenciana, ó bien al tipo ordinario, como en la Compañía "La Concordia," para que con facilidad se lograra reunir el número de socios necesario. Estos, al tratar de asegurar la carga mineral para alimentar sus haciendas, tuvieron que fomentar directamente el movimiento de produccion de la mina de donde se deberia extraer,[1] asociándose con este objeto á las Empresas organizadas para la explotacion.

Entre las mejoras que aún quedan por establecerse en Guanajuato para disminuir en alguna proporcion los gastos que reporta el minero, se presenta la de los caminos para el trasporte de los minerales de las minas á las oficinas de beneficio. Unos buenos caminos carreteros harian disminuir notablemente el flete, que aún se hace en casi su totalidad, en lomo de mula. La situacion de la mayor parte de las minas de la Veta Madre, por ejemplo es tal, que por medio de dobles caminos de fierro inclinados [planos automotores], los carros cargados de mineral descenderian por su propio peso hácia el fondo de las Cañadas, sobre una vía, y harian ascender á los vacíos sobre la otra vía por el intermedio de los cables, de las poleas y de los frenos correspondientes. La sensible economía y rapidez de estos mecanismos es enteramente innegable, y lo único que exigen es el gasto primitivo de instalacion, y el pequeño de la conservacion. Por el fondo ó laterales de las Cañadas se podrian establecer ferrocarriles de traccion animal ó cuando ménos buenas carreteras de pendiente suave, y por consiguiente de flete económico, para la continuacion del trasporte á fin de hacer llegar los minerales á las haciendas.

Asociadas las Empresas mineras para plantear estas mejoras y auxiliadas por el Gobierno del Estado para la apertura de las ca-

1 Véase al fin del volúmen las bases de la Asociacion minera "La Concordia," artículo 12, fraccion IV.

rreteras, quizá no seria tan difícil de llevarlas á feliz término en un período no muy largo.

Es muy probable que en lo sucesivo las diversas operaciones del beneficio se perfeccionen aún más, de manera que el costo total del tratamiento pueda todavía descender del tipo que en la actualidad conserva. Por lo demas, las cifras que expresan el rendimiento en metales preciosos de las masas sujetas al beneficio, merecen la pena de examinarse.

---

## Ley de los residuos del beneficio de patio en Guanajuato.

---

Es de advertir, para el estudio de esta cuestion, que los frutos conocidos antiguamente en Guanajuato con los nombres de *bonitos* ó *apolvillados*, notablemente más ricos que los *azogues*, y los *molonques* y *petanques*, ó sean las clases más ricas de mineral, en las cuales dominan por su preponderancia las especies mineralógicas en las que la plata toma parte en su composicion, han tomado el nombre genérico de *maceados*, quizá por encontrarse casi siempre desmenuzados en pequeños fragmentos, para mejor escoger la parte de mayor riqueza.

De algunos años á esta parte, estos maceados son comprados con bastante aprecio al peso y á la ley, con el fin de remitirlos á Europa ó á Estados Unidos. El minero, logrando para estos productos ricos un precio más ventajoso que el que pudiera obtener por el mejor tratamiento que se aplicara en la localidad, resulta que por lo general todo lo vende para la exportacion. Con este motivo los Galemes que antiguamente existian por el Barrio del Terremoto, perteneciente á la ciudad, y en los cuales se fundian los que hoy se llaman maceados, pertenecientes legal ó ilegalmente á los operarios, casi todos han desaparecido. Las mismas Negociaciones mineras apartan hoy sus maceados para venderlos ó exportarlos, y por consiguiente en las haciendas se benefician por lo regular frutos de no elevada ley. Así pues, los residuos del beneficio de patio tienen hoy en plata una ley poco variable.

Ensayados estos residuos en correcta forma, procedente la muestra de la masa total de las tortas rendidas, bien despojada de la amalgama, acusan una ley média de 0,45 marcos por monton [de 32 quintales], oscilando los resultados, en condiciones ordinarias de buena marcha en el beneficio, generalmente entre un mínimo excepcional de 0,20 y un máximo semejante de 0,80. Atendiendo al aumento de galera que encierran las tortas en el patio, se puede estimar la ley média de los residuos, sin este aumento, en 0,50 por monton de 32 quintales, ó bien en 0,3125 de marco [2½ onzas] por tonelada mexicana, ó en fin 78⅛ gramos por tonelada métrica, ó sean 0,000078⅛ de plata contenida en la total masa primitiva de mineral. Es de advertir, que antiguamente, cuando aún se trataban los minerales previamente reverberados por la amalgamacion en toneles en la Oficina de Halsbrücke, cerca de Freigberg, en Sajonia,[1] contenian los frutos 0⁰⁰² de plata al someterlos al beneficio, y despues los residuos acusaban 0,0002, ó bien 2½ veces más que los residuos de Guanajuato. En las mejores circunstancias [beneficiando en los toneles frutos de 30 á 40 onzas por tonelada, y perdiendo el 9 por 100 segun Mr. Arthur Phillips], resultaban los residuos con una ley de plata de 0,000056, que es superior aún á la de Guanajuato.

Los residuos de la amalgamacion en toneles no pueden, sin embargo, dar á conocer con exactitud las pérdidas de plata que se experimentan en todas las manipulaciones propias de este beneficio. En efecto, Lampadius asienta,[2] que de acuerdo con un promedio deducido de cinco años de trabajo, la pérdida total de plata

1 *Annales des Mines* de Paris, tomo XI, páginas 86 á 91. La hermosa oficina de Halsbrücke fué erigida en 1790, bajo la direccion de Mr. de Charpentier, siendo poco despues destruida por un incendio. La actual se concluyó en 1794 y se clausuró en 1856, porque los minerales que ántes se beneficiaban por amalgamacion en toneles con muy buen éxito, se someten ahora á la fundicion y la plata se extrae por cristalizacion y copelacion.—*The Mining and Metallurgy of Gold and Silver by J. Arthur Phillips.*—London, 1867, pág. 364.—Sin embargo de que el tratamiento de toneles era allí bien económico, el tráfico ferrocarrilero hizo bajar de tal manera el precio del combustible mineral, que desde luego se pudo beneficiar con mayores ventajas por el sistema de fundicion.

2 *Manuel de Métallurgie Générale par G. A. Lampadius, Professeur de Chimie et de Métallurgie à l'Académie de Mines de Freyberg, traduit par G. A. Arrault.*—Paris, 1840, tomo I, página 397.

en Freyberg fué de $52^{15}$ gramos por cada marco, ó sobre cada $233^{72}$ gramos de plata fina obtenida. Suponiendo que la ley média docimástica de los minerales hubiera sido de 0,002, como con aproximacion se deduce tambien de los datos del mismo Lampadius, la pérdida total habria estado representada por 0,00044, ó sea de 5 á 6 veces la de Guanajuato. Bien se comprende, pues, que semejante tratamiento se haya abandonado en Freyberg, tan pronto como pudo sistemarse económicamente el de fundicion.

Por lo demas, en Freyberg los residuos de la amalgamacion se abandonaban, cuando su ley no pasaba de 0,000071 [$3,^{65}$ gramos en $51,^{4191}$ kilógramos], y sin embargo la pérdida anual de plata era de 175¼ kilógramos. Los residuos desechados de la fundicion en la misma época, tenian una ley de 0,000035 [$1,^{82}$ gramos en $51^{4191}$ kilógramos] ó sea la mitad de los anteriores.[1]

Segun Mr. Ward, en la hacienda de beneficio de San Agustin, que fué comprada por la Compañía Anglo-Mexicana, y en la que se pretendió sistemar en Guanajuato el método de Cornwall para la concentracion y reduccion de los minerales, estuvo montada una pequeña máquina de vapor que se intentaba usar á la vez para aserrar madera y para grancear. Ponia en movimiento veinticuatro almadanetas de trescientas libras de peso cada una, habiéndose ántes aplicado al movimiento rotatorio de los toneles del sistema de Freyberg. Este método de beneficio, así como el de la fundicion, fracasó por completo; "pues no fué posible aplicarlos á "las inmensas masas minerales que se sujetan al procedimiento de "amalgamacion en Nueva-España."[2]

La amalgamacion norte-americana de panes, en los Estados del Oeste, apénas extrae de los minerales en crudo el 65 por 100 del contenido de plata;[3] por consiguiente, con frutos de 5 á 6 marcos por 32 quintales, los residuos quedarian con una ley de 1,75 á $2^{10}$ marcos, ó sea de tres á cuatro veces el contenido de los de Guanajuato.

1 *Manuel de Métallurgie Générale par G. A. Lampadius, traduit par G. A. Arrault.*—Paris, 1840, tomo I, páginas 240 y 241.

2 *Mexico in* 1827 *by H. G. Ward, Esq.*—London, 1828, vol. II, p. 431.

3 Segun Mr. Arthur Phillips, obra citada, pág. 404. Un resultado semejante se confirma, con dos experiencias de amalgamacion en crudo y en panes, aplicadas en Nueva York á los frutos de las Minas de Peregrina y del Tajo, de Guanajuato, pues que rindieron aproximada y respectivamente el 66½ y el 67 por 100 de la plata contenida. *Boletin de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros*, 1888, tomo I, página 43.

Las 700,000 toneladas de residuos recogidos artificialmente en diversos depósitos situados en el descenso de la desembocadura del Cañon Gold Hill y dentro del Cañon Six Mile, en el Distrito de Washoe,[1] procedentes de las célebres explotaciones de la gran Veta Comstock, tienen, la parte lamosa, que es la más rica, unos tres marcos, y las arenas (cabecillas ó jales), de 0.50 á 1.50 marcos por tonelada, ó sean en resúmen unas leyes de 8,80 á 4,80 marcos por 32 quintales. Esta última ley corresponde á la de una gran masa de frutos que en Guanajuato se sujetan al tratamiento, procedentes del laborío de las minas.

El beneficio pues, de los frutos guanajuatenses por el sistema de patio, sostiene ventajosamente la comparacion, en cuanto al monto de la plata extraida, con los métodos de amalgamacion europeos y norte-americanos.

La constancia en la entidad de la ley que escapa al beneficio de patio en Guanajuato, indica á la vez la constancia en grande escala que existe en la pinta de los minerales argentíferos, tal cual la producen las numerosas minas del distrito, y la destreza perseverante que se desplega para manejar el tratamiento en tan ensanchadas proporciones.

En los demas centros mineros del país, esta pérdida, refiriéndose al beneficio de patio, es variable á la vez que de mayor importancia. Para tener de ella una idea exacta, conviene más bien citar la ley de los residuos, que no mencionar el tanto por ciento que se pierde; porque este término de comparacion es concreto y no abstracto en lo posible, supuesto que, bajo una ley constante de residuos, como próximamente se presentan en Guanajuato, corresponde para la pérdida un tanto por ciento muy variable segun la riqueza de los frutos beneficiados. Cuando la ley de la granza, por ejemplo, es de 3 marcos, la pérdida de medio marco corresponde al $16\frac{2}{3}$ por 100; miéntras que si se trata de una ley de 6 marcos, la misma pérdida no representaria sino el $8\frac{1}{3}$ por ciento. No solamente en este país, sino aun en Europa y Estados Unidos, se sigue la costumbre de marcar las pérdidas de plata y de oro en tanto por ciento; pero como no se cuida á la vez de dar á conocer siempre el contenido de los minerales sujetos al beneficio, resulta imposible con frecuencia computar los productos y bondades de

1 *The Metallurgy of Silver by M. Eissler.* London, 1889, pág. 102.

los tratamientos. Refiriéndose á los metales comunes, este sistema aislado del tanto por ciento puede estimarse como adecuado; pero tratándose de los metales preciosos, no llena cumplidamente su objeto.

Segun Duport,[1] los residuos de Fresnillo, en una época ciertamente bonancible [supuesto que en los años de 1840, 41 y 42, la ley média en plata extraida fué de $4\frac{5}{8}$ á $6\frac{2}{8}$ marcos por monton de veinte quintales, en promedio general 0,0014], tenian una ley de 0,0003.

Los jales depositados en ciertos sitios del arroyo, cerca de la gran hacienda de beneficio de Sauceda, en Zacatecas, jales provenidos sin duda del lavado de las tortas, producen una ley docimástica de 1,70 á 2,10 marcos, por 20 quintales, ó sea de 0,000425 á 0,000525 de la masa total. En esta misma hacienda, durante nueve meses de 1883, sobre frutos de varias minas de Zacatecas, con leyes de 2 á $3\frac{1}{2}$ marcos por 20 quintales, la pérdida ha sido de 0,55 marcos sobre cada una de las 12,000 toneladas beneficiadas, ó bien 0,0001375 de la masa total.

Las escombreras de Noria de Angeles, en el Estado de Zacatecas, procedentes de jales residuos de beneficio de patio, de los rebeldes minerales de la localidad, me han marcado una ley docimástica de 0,0001.

Las leyes trascritas de estos residuos y de otros muchos que me seria fácil citar, demuestran terminantemente, que el beneficio de patio se aplica ventajosamente á los minerales argentíferos que producen las minas de Guanajuato.

Multitud de grandes graseros que he tenido lugar de ensayar en el país, particularmente los que proceden de las antiguas oficinas en donde se fundian los minerales plomosos del cerro de San Pedro, al Este de la ciudad de San Luis Potosí, producen una ley docimástica média de 0,65 por 32 quintales, ó bien 0,0001 de toda la masa. Estos residuos, que pudieran á primera vista considerarse muy pobres, tienen pues, un contenido medio de plata superior al que presenta toda la masa lamosa de las tortas, despues de retirada la plata recogida por el tratamiento de amalgamacion en Guanajuato.

1 *De la Production des Métaux Précieux au Mexique.*—Paris, 1843, página 274.

## Proporcion en que se obtienen los metales preciosos en el curso del tratamiento.

Con el fin de dar una idea abreviada de los resultados del tratamiento, en cuanto al rendimiento de plata, paso á trascribir el resúmen correspondiente á 22 meses de trabajo de una oficina ocupada en la amalgamacion de minerales ricos en oro.

| | |
|---|---|
| Montones de 32 quintales sujetos al tratamiento | 2677.94 |
| Plata destituida de oro, por monton, en promedio, marcos | 11.51 |
| Oro por monton, en promedio, granos de 4800 por marco de ocho onzas, ó sean 0,23012317 de kilógramo | 1165.54 |
| Oro por marco de *plata mixta*, en granos | 124.02 |
| Plata sin oro recogida en los arrastres, marcos | 2638.09 |
| Plata sin oro recogida al lavar y apurar las tortas | 19037.35 |
| Plata sin oro recogida en la última tina del lavadero llamada Piojo y en las planillas | 885.19 |
| Plata sin oro que aparece perdida | 1916.87 |
| Idem sin oro según los ensayes docimásticos de la granza, formando el total, marcos | 24477.50 |

En cien partes este resúmen es el siguiente:

| | |
|---|---|
| Plata sin oro recogida en los arrastres | 10.78 |
| Idem idem idem al lavar y apurar las tortas | 77.77 |
| Plata sin oro recogida en el Piojo y en las planillas | 3.62 |
| Plata sin oro recogida que aparece perdida. | 7.83 |
| Total | 100.00 |

Una pequeña proporcion de plata, generalmente difícil de estimar por no separarse las cabecillas de unas tortas de otras, ó por no beneficiarse aisladamente los polvillos, se extrae de estos últimos, y estimándola con el Sr. Glennie en el 2 por ciento, la pérdida definitiva de la plata, se reduciria en este caso al 5.83 por ciento. La masa general de los residuos de las tortas debió tener una ley docimástica, en promedio, de 0.786 marcos por 32 quintales.

La pérdida más general definitiva de 40 á 50 centavos de marco de plata por monton de 32 quintales, se considera en Guanajuato como inevitable, y en efecto no falta razon para ello. Separada la amalgama obtenida por el beneficio de patio, la mayoría de la plata existente en los residuos, es evidente que se encuentra en el polvo impalpable ó lama propiamente dicha; supuesto que la preporcion de ésta, en la masa de una torta, asciende á poco más del 92 por ciento: el resto en su mayor parte, se compone de cabecilla muy fina que cruza la tela metálica núm. 140. Las proporciones de polvo de grano más gruesas, apénas forman el ½ por ciento de toda la masa; por consiguiente, por elevada que fuera su ley, no se dejaria apreciar sobre un conjunto doscientas veces mayor.

Segun mis ensayos docimásticos practicados sobre el polvo impalpable y sobre la cabecilla fina procedentes de una torta rendida ó casi rendida de la Hacienda de Rocha, en Guanajuato, resulta: que miéntras el primero acusaba una ley de 0.55 marcos por 32 quintales, ó sea 0.00009 de toda la masa, la segunda marcaba 0.47 marcos, 0.00007⅛. Parece, pues, que la ley mayor se encuentra en el polvo impalpable que flota en el agua, é indudablemente es arrastrado por ella al salir del lavadero, y al dejarla escapar de los pequeños represamientos improvisados fuera de las haciendas, en los arroyos, para recoger las cabecillas. Pero aun suponiendo que con artificio se recogieran todas las lamas ¿cómo sujetar toda esta crecida masa tan pobre á un segundo tratamiento? Esto, por ahora, económicamente hablando, es imposible.

El otro arbitrio que ocurre es concentrar de antemano la crecida masa de residuos ¿pero cómo realizarlo sobre el polvo impalpable? Es una cuestion ésta todavía por resolverse en el órden

científico y económico, en la metalurgia hispano-americana de los metales preciosos. En los distritos mineros argentíferos del Oeste de los Estados Unidos, se ha podido resolver en algunas localidades el problema industrial de sujetar, con buen éxito, á un segundo tratamiento los residuos de amalgamación de panes; pero desde luego se advierte, que aquellos residuos son ménos pobres en plata, la lama contenida en ellos, ménos fina, y con frecuencia su pinta metalífera es más adaptable á la concentracion, por contener mineralizaciones de plomo, que casi siempre llevan consigo una gran parte de la plata.[1]

El tratamiento de los residuos norte-americanos nos muestra claramente, que los procedentes de nuestro beneficio de patio, á la salida de los lavaderos, y ántes de que perdieran su fluidez deberian sujetarse á pasar por un *agitador*, semejante al usado en la amalgamación de panes, y colocado después del *separador* ó *asentador* correspondiente á nuestro lavadero. Permitiria este agitador, movido con moderada velocidad, siempre menor que la del lavadero, asentarse las cabecillas acompañadas de una gran parte de la amalgama escapada entre los residuos y de una buena porcion de las partículas mecánicas no descompuestas.

Las aguas con los demas residuos, si la ley de éstos en metales preciosos lo hiciera conveniente, á la salida del agitador, convendria hacerlas llegar á unas concentradoras de banda [*Frue vanner*] que exigen poca fuerza motriz para su movimiento, y trabajan de una manera automática, y en las cuales quedaria una buena parte de las partículas metálicas escapadas del agitador. En el evento en que los residuos fueran aún de suficiente valor, se podria adoptar todavía algun otro sistema de concentradoras continuas, como las cónicas, ó bien otras escalonadas más abajo, de las mismas de banda, con menor inclinacion y trabajando á paso más lento que las supuestas colocadas en el escalon superior.

Arreglada de esta manera la secuela de las operaciones, al escaparse las aguas con los residuos, llevarian consigo un valor en metales preciosos que en la práctica no seria ya aprovechable.

Multitud de haciendas tienen sus lavaderos en tales condicio-

1 Véase respecto de este asunto *The Metallurgy of Silver by M. Eissler.* London, 1889, págs. 97 á 114.

nes, que no seria fácil en ellas proporcionarse el descenso indispensable para la instalacion de esos aparatos, y entónces se necesitaria elevar las aguas con los residuos, á la salida del agitador, con el fin de situarlas á la altura conveniente para establecer la concentracion. Los agitadores, casi en todas las haciendas se podrian colocar, á continuacion del lavadero, supuesto el corto desnivel necesario.

Hasta aquí he tomado en cuenta únicamente la plata en mis observaciones sobre el tratamiento metalúrgico guanajuatense; pero para juzgarlo por completo, es preciso considerar los resultados que se obtienen en la extraccion del oro.

Estos resultados en la misma hacienda y durante el mismo período correspondiente á los guarismos que acabo de dar sobre la plata, son los siguientes:

| | |
|---|---|
| Montones de 32 quintales sujetos al tratamiento..... | 2677.$^{94}$ |
| Oro indicado por los ensayes docimásticos, marcos..... | 650.$^{258}$ |
| Oro recogido en los arrastres, en 23 raspas, marcos..... | 416.$^{709}$ |
| Oro recogido en la última tina del lavadero, marcos..... | 7.$^{456}$ |
| Oro recogido en 19,075 marcos de plata procedentes del patio, estimada en promedio su ley en oro en 2 milésimos, marcos..... | 38.$^{150}$ |
| Marcos de oro que aparecen perdidos..... | 187$^{943}$ |

El resultado en cien partes, es el siguiente:

| | |
|---|---|
| Oro recogido en los arrastres..... | 64.08 |
| Idem idem en la plata del patio..... | 5.87 |
| Idem idem en la última tina del lavadero.. | 1.15 |
| Idem considerado como pérdida..... | 28.90 |
| Total..... | 100.00 |

No conozco alguna experiencia practicada sobre los polvillos procedentes de la concentracion de las cabecillas del patio, en términos de poder decir, aunque sea á poco más ó ménos, la can-

tidad de oro susceptible de extraerse de los residuos, con el fin de deducirla de los casi 29 por ciento que resultaron perdidos en el caso ántes citado. Esta experiencia exigiria un cuidado especial, y quizá por esto poco se ha practicado; pero es de presumirse, que si se reverberaran los polvillos para destruir por completo el bisulfuro de fierro que constituye la pirita, tan abundante en su masa, y despues el producto se sometiera á la amalgamacion en los arrastres, se recogeriá algun oro puesto en libertad por la oxidacion de la pirita. No hay duda de que en Guanajuato y en Zacatecas la pirita cúbica se asocia de tal manera con la plata, que aun cuando se practiquen pruebas mecánicas delicadas, no es fácil demostrar la presencia del metal precioso entre la masa del bisulfuro de fierro. "El Sr. Glennie, dice el Profesor D. Vicente Fernández,[1] ha encontrado una pirita no cristalizada, la cual muy pulverizada y lixiviada en una jícara, no mostró en esta *tentadura* contener ninguna especie mineral de plata de las citadas, sino puramente pirita, y no obstante, por el ensaye á la copela, dió 20 por ciento de plata. Los residuos del beneficio, privados de toda la parte no metálica, conservan el polvo de las piritas que contienen, y se las ve con todos sus caracteres naturales y en polvo muy grueso. Fácil es ver en esto que las reacciones químicas no ejercen accion alguna sobre ellas."[2]

Sea que el compuesto argentífero se encuentre bajo la forma de una simple mezcla demasiado íntima con la pirita, ó sea que se trate de una verdadera asociacion química entre el bisulfuro de hierro y las diversas combinaciones sulfuradas de la plata, el resultado es, que dicha asociacion, resiste al tratamiento de amalgamacion mecánica del arrastre y al químico del patio.

1 *Práctica del beneficio de minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato*, «*La Naturaleza*,» tomo IV, México, 1879, Apéndice, pág. 27.

2 El Sr. Velázquez de Leon, ha demostrado, que la pirita es susceptible de entrar en una lenta descomposicion en las reacciones del patio; por consiguiente, una parte, aunque sea pequeña, desaparece en el curso del beneficio. La accion del aire y de la humedad á la intemperie, deciden, con el concurso del tiempo, la descomposicion de la pirita; pero al abrigo del aire esa descomposicion es difícil, y por esto es de presumirse que el espejo de pirita mencionado por el Sr. Fernández labrado por los antiguos indígenas y sepultado quizá por siglos en el lecho de un rio en Jerécuaro, haya podido conservar ileso su pulimento.

La porcion de pirita reducida á polvo impalpable, durante la molienda, se escapa con las lamas en suspension en el agua, al salir del lavadero, y por consiguiente se pierde inevitablemente con los metales preciosos que contiene; pero la parte de pirita que se recoge por el lavado y por la concentracion de las cabecillas, y que toma el nombre de *polvillos*, contiene siempre en Guanajuato y en Zacatecas una ley en oro y en plata muy costeable.

Los minerales argentíferos de la Veta Grande, de este segundo distrito, tienen una ley media en oro representada por 2 milésimos de la plata; y cuando después de tratados en el patio, sin amalgamarlos en los arrastres, se ensayan por oro las *margajas* ó polvillos procedentes de la concentracion de los residuos, se obtiene una ley en oro representada por 12 milésimos de la plata. No puede pues dudarse, de que en uno y en otro de estos grandes distritos argentíferos, el oro se encuentra como la plata, en mezcla muy íntima, ó quizá en combinacion con la pirita.

Los polvillos en Guanajuato se sujetan á un segundo beneficio, mediante prévia reverberacion. Este tratamiento podria mejorarse todavía mucho en la localidad, con el fin de aprovechar de una manera más completa los metales preciosos contenidos en las piritas.

En efecto, la asociacion del oro en pequeñas cantidades con la pirita, fué estudiada bajo el punto de vista industrial por M. Boussingault, hace largos años en la República de Colombia, en la América del Sur,[1] y aunque su escrito se refiere á piritas muy ricas, de Marmato en el Valle del Cauca, conteniendo el oro en la proporcion de 0,0002 á 0,0026 de su masa, el método que recomienda de la reverberacion oxidante, hasta expeler todo el azufre, de la porfirizacion en seguida, y despues un lavado concentrador practicado con exquisito esmero, podria aplicarse para recoger una buena proporcion del metal precioso amarillo envuelto en los polvillos.

No deja de tener interes para el conocimiento de una causa que evita recoger el oro por amalgamacion en los arrastres, y aun en

1 Memoria escrita en Julio de 1826, é incluida en la obra que lleva por título *Viajes científicos á los Andes Ecuatoriales*. Traducciones de D. Joaquin Acosta. Un tomo. Paris, 1849, pág. 94.

el patio, la siguiente observacion de Mr. Skey,[1] y que Mr. Watts extracta de la manera siguiente:[2] "W. Skey, ha observado que los granos de oro resisten frecuentemente la accion amalgamadora del mercurio, á consecuencia de que el oro se combina superficialmente con el azufre. Experiencias directas manifiestan, que el oro sumergido en el hidrógeno sulfurado húmedo, ó en una solucion de sulfuro de amonio, se convierte superficialmente en sulfuro de oro, sin alteracion alguna en el color del metal. Al operar sobre las arenas auríferas, el hidrógeno sulfurado que origina estos cambios, puede producirse por la accion del sulfato ferroso sobre varios sulfuros metálicos. El oro alterado de esta manera puede hacerse amalgamable por la ignicion, especialmente si no contiene alguna cantidad considerable de cobre (más del 7 por ciento). Puede despojarse el oro de la película de sulfuro, tratándolo con cianuro de potasio, ácido crómico, ácido nítrico, ó por una solucion ácida de cloruro de calcio."

Mediante esta interesante observacion, se comprende la conveniencia de buscar un reductor de dicha película, que sea aplicable en los arrastres, durante la porfirizacion de los minerales y la amalgamacion del oro. Además, de la misma observacion se deduce la conveniencia de reverberar las piritas, para mejor recoger el oro de los polvillos, especialmente si se ha de seguir para este objeto el procedimiento de amalgamacion. Conviene tener presente en este evento, que si en los polvillos existiera chalcopirita, como es muy frecuente, la reverberacion con sal ó sin ella, podria dejar alguna sal soluble de cobre en la masa, y ésta, segun Kustel,[3] impide mucho la amalgamacion del oro, además del ataque que ejerce sobre el mercurio. Convendria por tanto, ántes de proceder á la amalgamacion, sujetar los polvillos ya quemados, á una simple lixiviacion con agua, con el fin de separar de antemano todas las sales metálicas solubles, por medio de la filtracion ó de la decantacion. Las aguas resultantes podrian utilizarse en sustitucion de parte del sulfato de cobre en el beneficio de patio, y si ellas por evento contuvieran plata ú oro en disolucion, deberian

1 *Chemical News*, tomo XXII, pág. 282.

2 *A Dictionary of Chemistry*, Vol. VII, London, 1879, pág. 573.

3 *Roasting of Gold and Silver Ores and the Extraction of their Respective Metals without Quicksilver.* San Francisco, 1870, pág. 137.

separarse por precipitacion, conforme se ejecuta en los tratamientos de lixiviacion.

Si en Guanajuato existiera el sistema de tratamiento de panes, entónces las piritas expuestas á la accion oxidante del reverbero, durante un período, y en seguida abrigándolas del aire en el mismo horno, y sujetándolas á la accion del vapor sobrecalentado, quedarian bien dispuestas para entrar á los panes, siguiendo el procedimiento de Mr. Rivot,[1] empleado en la Alta California; pero en defecto de éste, seria fácil introducir con buen éxito el sistema de lixiviación, siguiendo alguno de los diferentes planes hoy practicados, con la mira de recoger lo mejor posible el oro y la plata; bien fuera procurando clorurar la una y aun el otro durante la reverberacion, y aun despues, almacenando el mineral caliente descargado de los hornos, en recintos cerrados lo mejor posible, para que el cloro, que todavía se desarrolla, obrara sobre los metales preciosos.

En el caso de que una buena parte del oro escapase á la accion clorurante de la via seca, se podria someter la masa ya colocada en la tina lixiviadora, á la accion del cloro gaseoso, siguiendo el sistema de Plattner, ó cualquiera otro que seria muy aplicable á las piritas bien reverberadas.

El ya antiguo procedimiento de amalgamacion para los *schlich* auríferos, quizá daria buenos resultados, mediante la anticipada preparacion de un suave reverbero aplicado á los polvillos, con el fin de descomponer la menor porcion posible de los sulfatos de hierro, y despues de sujetarlos á la lixiviacion para separar todas las sales metálicas solubles, someterlos al tratamiento con el ácido sulfúrico diluido y el azogue, en cubas de madera, con cruces y ramplones de fierro, como los lavaderos.[2]

El procedimiento recomendado en Europa para la extraccion del oro de los minerales pobres, es el que expresan las siguientes palabras de Mr. Wagner: "En Reichenstein, en Silesia, se han sujetado al tratamiento algunos minerales y residuos metalíferos conteniendo solamente pequeñas cantidades de oro, por medio del agua clorada, ó de una solucion acidulada de polvos de blan-

1 *Annales de Mines*, 6ª serie, tomo VIII, pág. 1.

2 *Manuel de Métallurgie Générale par G. A. Lampadins, traduit par G. A. Arrault.* Paris, 1840, tomo I, pág. 469.

quear. El metal se convierte en cloruro de oro ($Au\ Cl^3$), que se disuelve, y de allí se le precipita por medio del protosulfato de hierro ó del hidrógeno sulfurado. Comprobado severamente este método por los Sres. Plattner, Th. Richter, Georgi, y Dr. Duflos, se le encontró corresponder perfectamente bien á su objeto, aun tratándose de minerales muy pobres. Este método es, por supuesto, aplicable á las arenas de acarreo y al cuarzo aurífero. Los minerales piritosos, segun M. Allain, se les reverbera, se les ataca con ácido sulfúrico para eliminar el hierro, zinc y cobre, y despues se les trata con agua clorada, á fin de extraer el oro, aun cuando exista únicamente en la proporcion de una parte para 10,000 de mineral."[1]

Los polvillos de Guanajuato, generalmente son más pobres, pues apénas si acusan de 1 á 2 partes de oro en 100,000 de la masa mineral.

Los tratamientos metalúrgicos que acabo de indicar para los polvillos, suponen la existencia de una cantidad suficiente para el trabajo de una oficina especial, y esto en Guanajuato no podria tener lugar, sino es limitando en una sola, la manipulacion de los polvillos que produzcan todas las haciendas de Guanajuato. Localizada de esta manera la operacion, el costo de beneficio resultaria más económico que si cada hacienda aisladamente se ocupara con intermitencia de trabajar los escasos polvillos que produce. La necesidad pues, de una oficina de esta naturaleza, se deja sentir en Guanajuato á la vez que en Zacatecas.

El Profesor D. Vicente Fernández,[2] despues de manifestar que el beneficio por plata de los minerales guanajuatenses se ejecuta con bastante habilidad y buen éxito, dice lo siguiente: «Respecto del oro no podemos decir lo mismo. El procedimiento empleado es, como lo he dicho ya, enteramente físico; aprovechándose de su gran densidad, se le hace bajar por su propio peso al fondo de los arrastres, en donde el azogue lo disuelve. Se calcula que sólo se recoge el 80 por ciento.

1 *A. Handbook of Chemimal Technology by Rudolf Wagner, Ph. D. translated and Edited by Williams Crookes, F. R. S.* New York, 1875, pág. 106.

2 *Práctica del beneficio de los minerales de plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato, llamado de patio.* «*La Naturaleza,*» tomo IV, México, 1879, Apéndice, pág. 27.

«Generalmente los frutos son pobres, y por lo mismo no tiene cuenta pulverizar el mineral hasta un grado que el cuarzo dejo descubierto el oro que envuelve para que pueda amalgamarse. Esta es una de las causas que origina la pérdida.

«Hace dos años se descubrió una mina pobre de plata, pero rica de oro, y de sus frutos sólo se extrajo de 33 á 50 por ciento. Estudiando estos frutos resultó que una parte del oro estaba combinada con el selenio. Mi amigo Leonardo Iñigo empleó el procedimiento del Dr. Wurtz;[1] la amalgama de sodio destruyó perfecta y completamente esta combinacion en las experiencias que me mostró, y produjo una *pella*, conteniendo todo el oro y toda la plata del mineral sujetado al experimento. Como mi amigo operaba sobre mineral privado de su matriz, el contacto de la amalgama con el seleniuro de plata y oro era fácil, y su accion química muy eficaz: el selenio era puesto en libertad y flotaba en el agua inmediatamente; al paso que el oro y la plata quedaban amalgamados. Aplicada la amalgama de sodio á los arrastres, no dió el mismo resultado, pues se destruia indudablemente mucho ántes que llegara á tener contacto con el seleniuro de plata y oro. Así como en los frutos de esta mina (Nayal), el oro combinado no puede ser amalgamado, y que dicha combinacion es la causa de la pérdida, pues que tampoco los agentes usados durante la metalurgia de la plata, la destruyen; así tambien es de presumirse que igual causa motive las pérdidas en frutos de otras minas, pues ya he dicho que el Sr. Navia ha encontrado selenio en un gran número de ellas.

«Frutos del Nayal rinden hoy 62 á 70 por ciento; yo ignoro si es porque ha aumentado el oro nativo y disminuido el combinado, ó si los frutos piritosos de otra mina que ahora les asocian, favorecen la disociación del oro y el selenio expeditando la amalgamacion. De todas maneras, la cantidad perdida es deplorable, pues como el monto del oro recogido cada tres ó cuatro meses ha sido en la hacienda donde benefician esos frutos, de un millon de granos, la cantidad de lo perdido asciende á $ 10,000 ó sean de 30 á 40,000 anuales.

«La gran estabilidad de dicha combinacion, que hemos creido

1 «*La Naturaleza*,» tomo I, pág. 329, 1869-1870. Santiago Ramírez. México. *Nota del Sr. Fernández.*

ver el Sr. Navia y yo, hace tener desconfianza en encontrar un agente químico que la destruya y dé al oro el estado libre necesario para su amalgamacion.»

Recordando que la produccion media anual de oro de las minas guanajuatenses es de 400,000 pesos, se comprende la gran importancia que tiene cualquiera mejora destinada á salvar de la pérdida, alguna porcion de los 150 á 200,000 pesos de oro que por año se escapan entre los desperdicios de las haciendas.

He demostrado ya con guarismos, que fuera de la porcion de oro recogida en los arrastres, una pequeña parte se colecta con la plata del patio, y otra con los asientos de la última tina del lavadero, y con los de las planillas, siguiendo el método guanajuatense de beneficio. En el Distrito minero de Pinos, en el Estado de Zacatecas, en donde los minerales argentíferos son de más elevada ley media en oro que los de Guanajuato, he podido convencerme de que cuando el tratamiento lo permite, es aún posible recoger una notable proporcion del metal precioso amarillo, despues de la amalgamacion en los arrastres y ántes de la del patio.

En efecto, en Pinos, al rendirse la molienda en las tahonas (sin llegar á ser tan fina como en Guanajuato, supuesto que se porfirizan de 9 á 10 quintales por tahona sencilla de una mula y de dos piedras voladoras, en dos descargues en las 24 horas, tratándose de minerales blandos) pasan las lamas á lo que se llama el *deslame*, con el fin de separar por suspension en el agua, el polvo impalpable del polvo más grueso ó sea de las cabecillas ó jales: estos se apartan para concentrarlos en planillas, y los asientos que producen con plata verde (ioduro y bromuro de plata), se recogen para someterlos á la amalgamacion de cazo. La plata obtenida por este tratamiento, tiene generalmente de 12 á 20 milésimos de oro, miéntras que la de las tortas, procedente de las lamas del deslame y de los jales desechados de las planillas, y reunidos de nuevo en el patio, únicamente acusan por lo general 2 milésimos.

La comparacion de los sistemas seguidos en Guanajuato y en Pinos, parece revelar, que una porcion del oro que se escapa de la amalgamacion en los arrastres, es aun susceptible de recogerse en notable proporcion, mediante la elevacion de la temperatura hasta la ebullicion, la friccion sin molienda (entre el fondo de co-

bre y los metapiles de cobre tambien) y la presencia de la sal y del azogue en cierta abundancia. ¿Acaso con la elevacion de la temperatura y la presencia de los ingredientes citados, se descompondrá la película de sulfuro de oro, que como á modo de ligero barniz cubre el metal con mucha frecuencia, segun los estudios ya referidos de Mr. Skey; pero película que impide la amalgamacion directa del oro si no se aplica algun ingrediente capaz de descomponerla?

Como ejemplo práctico importante de lo dicho respecto de Pinos, citaré los siguientes datos tomados de los cuadros formados bajo mi direccion, correspondientes á los productos de un período de la Mina de Candelaria; advirtiendo que el oro se presenta allí en partículas ménos finas que en Guanajuato, y que la masa mineral que encerraba los metales preciosos era bastante *lamosa* ó sea abundante en matriz arcillosa, en términos de retener el oro en suspension en la masa, durante la porfirizacion en los arrastres.

| Metales preciosos obtenidos. | Peso total en kilógramos. | Plata fina contenida. Kilógramos. | Oro fino contenido. Kilógramos. | Oro contenido en la plata fina. Milésimos. |
|---|---|---|---|---|
| Raspa de arrastres. | 127.253 | 84.913 | 40.295 | 316.6 |
| Cazo..... | 7137.766 | 6617.501 | 123.143 | 18.6 |
| Patio..... | 1284.112 | 1265.952 | 3.970 | 3.8 |
| Total..... | 8549.131 | 7968.366 | 167.408 | 21.0 |

Estos resultados numéricos corresponden á una extraccion total de poco más de 37,150 marcos de plata impura (ó sean 8,549 kilógramos), y los comparativos correspondientes á los metales preciosos sin impurezas, quedan expresados de la manera siguiente:

| | Plata fina obtenida. | Oro fino obtenido. |
|---|---|---|
| En la raspa..... | 1.06 | 24.07 |
| En el cazo..... | 83.05 | 73.56 |
| En el patio..... | 15.89 | 2.37 |
| Sobre un total de..... | 100.00 | 100.00 |

A la primera ojeada se advierte, que la mayor parte de la plata se recogia en el cazo, en proporcion muy elevada comparada con la obtenida por la amalgamacion en el patio, y que en los arrastres se asentaba una proporcion mínima. De una manera semejante acon-

tecia con el oro, con la diferencia de que en el arrastre se colectaba próximamente la cuarta parte de la extraccion, y una corta proporcion únicamente durante el tratamiento en el patio. Es de sospecharse que en el cazo, por la accion en caliente, en presencia del cobre y del mercurio, una parte de la mineralizacion auro-argentífera se descomponga, cediendo á la amalgamacion una buena porcion de los metales preciosos que encierra.

La ley media general en oro de la plata pura extraida en todo el tratamiento, fué de 21 milésimos, ó sean casi 101 gramos (de á 4,800 por marco).

Mediante estas observaciones, no es de extrañar que la amalgamacion en los panes americanos produzca resultados más favorables, en cuanto á la extraccion del oro, que el simple beneficio de patio. En el de panes, como en el de cazo, se repiten las mismas circunstancias y por consiguiente los resultados se presentan muy análogos, como era de preverse.

Es, pues, de sospecharse, que tratando en caliente, despues de una moderada concentracion, las cabecillas resultantes del deslame de las tortas en el lavadero, sea en el fondón mexicano ó en el pan americano, se obtendria la extraccion de alguna dósis de oro á la vez que de plata, además de alguna pequeña cantidad de amalgama argentífera escapada como desperdicio del lavadero. ¿Pero esta operacion industrial seria aceptable en vista de los resultados económicos que produjera? Unicamente la experiencia daria la verdadera clave para resolver este problema.

Para destruir con seguridad y de una manera completa la triple combinacion química del oro, lo plata y el selenio, me parece necesario la reverberacion oxidante. Efectivamente, como lo asienta el Sr. Fernández, esta combinacion es bastante estable y resiste sin descomponerse la amalgamacion simple en los arrastres, la cloruracion de la plata por la via húmeda en el patio, y en fin, una parte al ménos escapa á la del cazo, á la temperatura de la ebullicion.

En Pinos he visto atravesar, sin descomponerse, esa combinacion por todas las operaciones citadas del tratamiento, y despues de concentrar los residuos, ha sido preciso someter los polvillos á la reverberacion para extraerles los metales preciosos que tan tenazmente retenian.

De lo expuesto se deduce, que con mayor ó menor buen éxito, los residuos del beneficio de patio podrán ser sujetados á un segundo tratamiento con alguna ventaja pecuniaria; pero como de la total masa de las tortas, únicamente un 8 por ciento podrá recogerse, poco más ó ménos, resulta que la mayoría de los residuos, con la respectiva cantidad de metales preciosos, se pierde hasta hoy irremisiblemente, supuesto que ni siquiera se ha procurado artificialmente el almacenamiento de las lamas en las cañadas principales, ó al ménos en la desembocadura de la de Marfil.

En mi concepto es de interes el estudio de la porfirizacion de los minerales, segun lo expresé ántes, en términos de que la molienda sea lo más pareja ó de igual grano, y lo ménos fina posible, pero sin que el grosor que tome dañe sensiblemente al rendimiento de los metales preciosos. Si se lograra este resultado, despues de la lava se perderia una porcion mucho menor de lama impalpable arrastrada por el agua, y por consiguiente, de la mayor porcion de residuos se obtendria por concentracion mayor cantidad de polvillos aprovechables para un segundo beneficio. Pero para lograr este propósito seria preciso probablemente prescindir de los arrastres y ensayar la molienda, sea con bocartes, ó sea con molinos chilenos; pero en uno ú otro evento, bajo la accion clasificadora de una corriente de agua, ventajosa tambien para concentrar y recoger las partículas de oro adecuadamente al método que se siga.

La molienda muy fina deja escapar el oro ya libre, por la suspension de las partículas en el agua, sin que sea posible que se asienten, y la molienda gruesa deja incluidas en los granos de la matriz partículas de metales preciosos que no podrán ser atacadas ni por el azogue ni por los demás ingredientes del beneficio. La buena inteligencia del beneficiador, consiste, pues, en seguir el prudente término medio necesario para obtener de las masas sujetas al tratamiento la mayor porcion posible de los metales preciosos que contienen.

En términos generales esto es lo que puede establecerse en cuanto á las perfecciones posibles de realizar en la preparacion mecánica de los minerales destinados á la amalgamacion de patio. En cuanto á detalles para lograr el menor costo manual de las operaciones mecánicas, queda algo que realizar en Guanajua-

to. La mayoría de las haciendas son oficinas antiguas construidas de acuerdo con las viejas rutinas, y por consiguiente las innovaciones indispensables para regularizar los trasportes de las grandes masas sujetas al tratamiento, y las de los elementos indispensables, sobre ser difíciles hoy, son á la vez costosas, y en muchos casos exigirian una reforma casi completa del edificio.

En cuanto á las innovaciones en la parte química del beneficio de patio propiamente dicho, el Profesor D. Vicente Fernández, despues de manifestar que es muy de desear se introduzca alguna mejora para excusar la gran pérdida de azogue que origina, se expresa de la manera siguiente: "Si las teorías que he dejado expuestas son ciertas, la innovacion es difícil de introducirla: en efecto, se ha dicho en el artículo titulado "*Ensalmorar, incorporar,*" párrafo penúltimo, "que el sulfuro de plata, ó de una mane-" ra general, el mineral de plata, no se clorura si no es en aquella " cantidad que el exceso de sal que la torta contiene puede disol-" ver, y que es el azogue quien descarga á la sal de dicho cloruro " para reponerle su accion sucesiva de disolvente." Quitemos pues el azogue y no habrá beneficio. Es verdad que hay metales que en lugar del azogue podrán verificar la misma descarga, como son el zinc y el fierro; pero estos tienen sus inconvenientes, como son: reducir el compuesto activo del cobre para ambos, y el de fierro el de ser necesario aplicarlo en limadura. El zinc y el fierro reducirian completamente, segun yo creo, al compuesto de cobre, y muy poco ó nada al cloruro de plata, y son por lo mismo nocivos.

"Pero no seria tal vez muy grande la dificultad de encontrar un metal, cuanto la que experimentarian los beneficiadores, faltándoles las *tentaduras*, como de hecho les faltarian, pues el azogue no lo tendrian, no deberian ponerlo en las tortas sino hasta cuando el beneficio estuviese concluido.

"Sin azogue no hay *tentaduras*, y estas son las riendas del beneficio; no es posible que el beneficiador marche sin ellas, como no lo es que marche el marino sin brújula y sin timon.....

"Es tan interesante la resolucion de este problema, que no obstante los obstáculos y las serias dificultades que presentará bajo todos aspectos, es preciso intentarla. No siendo conveniente de ninguna manera suprimir luego el azogue, se podria dividir una pequeña torta en dos, y poner á una la sal, el sulfato y el metal

que se emplée, cobre por ejemplo, pues aún cuando muy atras he dicho que dará plata de baja ley, quizá en la práctica se desmintiera mi creencia por usarlo con el acierto debido; y á la otra se le pondría sal, sulfato y azogue para que de ésta se hicieran las tentaduras, y lo que á ésta le faltara se añadiria á ambas, y cuando ésta se rindiera, á la otra se le añadiera el azogue para que amalgamara la plata que supongo estaria reducida en ese tiempo por el cobre, es decir, el objeto es producir en cada torta cada una de las series de las reacciones siguientes:

$$\text{en la 1ª} \left\{\begin{matrix} CuO. & SO^3 \\ Na. & Cl \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} NaO. & SO^3 \\ Cu. & Cl \\ & Cu \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} Cu^2 & Cl \\ & 2\,AgS \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} 2\,CuS \\ Ag^2\,Cl \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} Cu^2\,Cl \\ Ag \end{matrix}\right.$$

$$\text{en la 2ª} \left\{\begin{matrix} CuO. & So^3 \\ Na. & Cl \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} NaO. & SO^3 \\ Cu. & Cl \\ & 2\,AgS \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} CuS+S \\ Ag^2\,Cl \\ 2\,Hg \end{matrix}\right\} = \left\{\begin{matrix} 2\,Cu \\ Hg^2\,Cl \\ 2\,Ag \end{matrix}\right.$$

"A fin de alentar al lector para ejecutar la experiencia, diré que la primera reaccion no es teórica, sino que la indica, la aconseja el resultado de algunas experiencias que he hecho, de las cuales copio de mis apuntes la siguiente: dice así:

"18ª Polvo de rosicler hervido con sal en exceso, sulfato de co-
"bre y cobre metálico en alambres, da como en la experiencia
"anterior, sulfuro de cobre que queda en el residuo, y cloruro de
"plata violado que parte se disuelve en la sal, de donde la preci-
"pitan los alambres de cobre. Este metal y la plata que ha sido
"reducida, descomponen al Cu Cl que ahí existe, trasformándolo
"en $Cu^2$ Cl que se disuelve en la sal, y ataca á otra porcion de
"rosicler, dando nuevo sulfuro de cobre y subcloruro de plata
"$Ag^2Cl$ que se disuelve en la sal,[1] de donde definitivamente la
"precipita el cobre de los alambres que se visten de muchas la-

1 Domeyko dice que el $Ag^2Cl$ se descompone en AgCl que disuelve la sal, y en Ag que se separa. Ya yo me lo maliciaba, y esta malicia me la originó la experiencia que aparece en mis apuntes, hecha el dia 10 de Setiembre de 1874, y que literalmente copio aquí: "(9ª) Parece que el subcloruro de cobre "($Cu^2Cl$) obra sobre dos moléculas de sulfuro natural de plata (AgS), pues "hervidos estos dos cuerpos en presencia de sal comun y azogue, los pedaci-"tos de (AgS) presentan puntos amalgamados por los cuales se adhieren al "boton de azogue; probablemente la reaccion es así: $2\,AgS+Cu^2Cl.\ NaCl+$ "$+Hg=AgCl.\ NaCl+2\,CuS+AgHg$. Es decir, que se forman dos molécu-"las de sulfuro de cobre, una de cloruro de plata que se une al cloruro de so-"dio, y otra de plata que es la que se adhiere al azogue."—*Nota del Sr. Fernández.*

"minitas de ese metal, y esta reduccion regenera nuevo subclo-
"ruro de cobre, que disolviéndose en la sal obra sobre otra por-
"cion de rosicler."

"Si esta experiencia no remeda al beneficio por ser hecha en caliente y con rosicler, al paso que en aquel se opera en frio y las más veces sobre sulfuro simple de plata, creo que no obstante, da esperanzas muy fundadas de obtener éxito, y no diferirá sino en que se verifique más lentamente: no más que en el beneficio actual, sino que en la experiencia que cito y que duró unas cuantas horas.

"Es verdad que este medio de suplir el azogue exige una fuerte cantidad de cobre; pero como en mis experiencias he visto que reduce á la plata mucho más violentamente que el azogue, y que vale tambien ménos, el ahorro de tiempo y de costo resulte quizá ventajoso.

"¡Que una sola experiencia sin éxito no haga desmayar al que la emprenda!....."[1]

---

## Amalgamacion de panes.

---

De pocos años á esta parte se ha tratado de introducir en Guanajuato el sistema norte-americano de amalgamacion en panes. En 1887 se instaló una oficina de esta especie, por una empresa de la Alta California [titulada: "*La Luz Mining and Milling Company*"], en el curso del arroyo, un poco abajo de la desembocadura del Socavon de San Bernabé, perteneciente á la antigua negociacion minera de La Luz. El tren de aparatos era el siguiente: 1 molino con veinte almadanetas californianas, para pulverizar con ayuda del agua; 8 concentradoras de banda de Embrey, para recibir y concentrar la molienda producida por el molino. La mesa útil originada por la banda, para el trabajo, era de 12 pies ingleses de longitud por 4 de anchura, con un declive de 1 pulgada

1 *Práctica del beneficio de los Minerales de Plata auríferos usado en el Distrito de Guanajuato, llamado de Patio.* "La Naturaleza," tomo IV, México, 1879, Apéndice, p. 33.

en 30, y una velocidad de movimiento de la banda de 1 á 4 piés por minuto.

Abajo de estas estaban colocadas otras 8 concentradoras del mismo sistema y dimensiones, pero con un declive de 1 pulgada en 48: su objeto era concentrar los residuos desprendidos de las primeras.

Dos hornos de reverbero Brückner y uno fijo de ladrillo. 2 panes amalgamadores. 1 lavadero [*settler*]. Un pan lavador y una retorta para destilar amalgama.

Para mover este tren estaban montadas dos ó tres calderas de cilindro vertical, sistema de Hazelton, erizadas exteriormente de tubos á manera de hervidores, en términos de que el fuego bañara exteriormente el cuerpo de la caldera con los tubos. Dos máquinas motrices de expansion variable, esmeradamente construidas, completaban el conjunto destinado á moler, concentrar y beneficiar los terreros de la Mina de la Luz y anexas. Pero como la empresa resultó improductiva para el objeto, por ser la masa de los terreros, en conjunto, demasiado pobres para costear el tratamiento, no habiéndosele encontrado á esta instalacion alguna manera de aplicarla en Guanajuato, fué vendida la maquinaria á la negociacion minera de Concepcion de Catorce, para su hacienda de beneficio del Cedral.

En el Cubo, cerca de Villalpando, se ha modificado la hacienda de patio allí construida, hoy perteneciente á la antigua Compañía Unida de Minas de Lóndres [*United Mexican Company*], para la amalgamacion en panes de los minerales de la Mina de Villalpando y anexas. El tren recientemente reformado se compone de lo siguiente: 2 quebradoras de quijada; 1 molino de quince bocartes californianos para molienda con agua; 3 panes destinados á la remolienda de la arena provenida de los bocartes; 6 panes amalgamadores; 3 lavaderos [*settlers*]; 6 concentradoras de banda, *Frue Vanner*, para tratar los residuos de los lavaderos; 1 pan destinado para lavar la amalgama de plata; 1 retorta para la destilacion de ésta; 1 horno para la fundicion de barras; y en fin, una máquina de vapor de Corliss, de expansion automática variable, provista de dos calderas horizontales cilíndricas, de fuego directo por el exterior y vuelta de los gases por los *fluces*, con su respectivo aparato depurador de calentamiento.

Reformada esta instalacion poco tiempo hace, no se conocen aún los resultados del tratamiento, que sin duda servirán de importante precedente para extender ó restringir en Guanajuato el uso de los panes.

---

## Comparacion del beneficio de patio con otros tratamientos de cloruracion, en las circunstancias de Guanajuato.

El Señor Ingeniero de minas D. Ignacio Ibargüengoitia, dueño de algunas haciendas de beneficio en Guanajuato, publicó un interesante artículo en Abril de 1888, titulado: "*Estudio comparativo de los resultados prácticos de varios sistemas de beneficio aplicados á los minerales de plata.*"[1]

Bajo el supuesto de que una hacienda sujete al tratamiento metalúrgico 40 toneladas métricas por 24 horas, en las circunstancias de Guanajuato (es decir, pagando los sueldos, jornales y precios de efectos de costumbre en esta ciudad), siendo por consiguiente el mismo importe de gastos generales en todos casos, con el azogue á $ 63 el quintal, y su gasto en el tratamiento de patio á razon de 120 partes por cien de plata obtenida, el Sr. Ibargüengoitia presenta su comparacion y deduce sus consecuencias en la forma siguiente: "Para esto supongamos un mineral que contenga un kilógramo de plata en una tonelada; si este mineral se tratara por cada uno de los cuatro sistemas, el resultado seria el siguiente:

*Beneficio de Patio.*

| | |
|---|---|
| Valor de un kilógramo de plata..... | $ 39,109 |
| Pérdida por tratamiento, 6.61 por ciento..... | |
| Idem por valor de azogue, **5.00**, 11.61 por ciento del kilógramo..... | 4,540 |
| Quedan..... | $ 34,569 |
| Costo del tratamiento..... | 8,070 |
| Producto líquido..... | $ 26,499 |

1 *Boletin de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros*, Tomo I, p. 38.

*Sistema de Lixiviacion.*

| | |
|---|---|
| Valor de un kilógramo de plata | $ 39,109 |
| Pérdida por tratamiento, 15 por ciento | 5,865 |
| Quedan | $ 33,244 |
| Costo del tratamiento | 8,690 |
| Producto líquido | $ 24,554 |

*Sistema de Amalgamacion en Panes.*

(Sin clorurar los metales ó en crudo.)

| | |
|---|---|
| Valor de un kilógramo de plata | $ 39,109 |
| Pérdida en tratamiento, 32.75 por ciento | 12,808 |
| Quedan | $ 26,301 |
| Costo del tratamiento | 6,910 |
| Producto líquido | $ 19,391 |

*Sistema de Amalgamacion en Panes.*

(Clorurando el mineral previamente.)

| | |
|---|---|
| Valor del kilógramo de plata | $ 39,109 |
| Pérdida de tratamiento, 5 por ciento | 5,865 |
| Quedan | $ 33,244 |
| Costo de tratamiento | 11,350 |
| Producto líquido | $ 21,894 |

"En vista de los resultados anteriores, hay que convenir en que, para los minerales de Guanajuato, el sistema más adecuado es el de patio, miéntras no haya un cambio favorable en el precio del combustible, pues siendo éste uno de los factores principales de costo en los demas sistemas, es claro que abaratando su precio, puede llegar á ser alguno de ellos más económico que el de patio.

"Los resultados obtenidos en las experiencias hechas en New-York respecto del oro, son muy favorables, comparados con los resultados generales que se obtienen en Guanajuato; pero debo advertir, que precisamente los minerales de Peregrina que fueron los tratados en New-York, en los cuales el oro se encuentra en su mayor parte en estado metálico, son los que dan mejor rendimiento en los arrastres, y segun se me ha dicho, en la hacienda de Salgado, que es en la que se muelen dichos minerales, por término medio se obtiene el 70 por ciento del oro ensayado.

"Advirtiendo que yo tengo la conviccion de que, con minerales de Valenciana, Cata y otras minas en que el oro se halla combinado, y no en estado metálico, el resultado tiene que ser muy inferior al que se obtuvo en las citadas experiencias."

---

## Apreciaciones sobre el tratamiento de fundicion en grande escala en las regiones centrales de la República Mexicana, y su influencia probable en Guanajuato.

---

En la actualidad hay la tendencia en el país de sistemar grandes oficinas de fundicion por compañías norte-americanas, de las cuales algunas están ya en trabajo, como la de Villaldama, y las de Monterey en el Estado de Nuevo Leon, y otras en via de instalacion, como la de la ciudad de San Luis Potosí. El combustible de consumo en estas oficinas es el coke para la alimentacion de los hornos que llaman de *chaqueta de agua* [*Water Jacket*] y la leña ó la hulla para atizar las calderas motrices de la maquinaria.

En Nuevo Leon, los plomosos pobres son abundantes, y además, el combustible mineral de las carboneras de Coahuila y norte-americanas, es relativamente barato; por consiguiente, el sistema de fundicion ha contado con los elementos más indispensables para sistemarse bajo favorables condiciones económicas relativas á la República. La compra de los minerales poco plomosos pero ricos en plata de Catorce, ha completado las necesidades de esas oficinas, cuya mision es únicamente fundir para obtener el plomo argentífero, con el fin de exportarlo, para su tratamiento en Inglaterra, supuesto que su importacion á los Estados Unidos está gravada con derechos fiscales.

Situado el distrito minero de Guanajuato en las regiones centrales del país, su distancia por ferrocarril á las carboneras del valle del Rio Sabinas, en Coahuila, es de casi 1,300 kilómetros; (778 por el Ferrocarril Central Mexicano y 520 por el Internacional Mexicano); por consiguiente el combustible mineral se encuentra aumentado en su costo con el flete de ese no pequeño trayecto.

Más retiradas aún las carboneras norte-americanas, el aumento de costo por dicho flete, tiene que ser sin duda mayor.

Por otro lado, los minerales guanajuatenses, aunque encierran cuarzo y calcita en proporciones que podrian arreglarse para la fusion conveniente de las matrices, son muy *resecos*, es decir, carecen casi por completo de pinta plomosa, y además son escasos de fierro: por consiguiente para fundirlos con buen éxito, seria preciso proporcionarse, por una parte, una fuerte proporcion de minerales plomosos, y por la otra, la cantidad indispensable de minerales argentíferos ferruginosos, y en estado de óxidos si fuera posible.

En un país como éste, en el que las vetas argentíferas son tan numerosas y tan variadas en su composicion mineralógica, no parece difícil lograr la adquisicion de los elementos minerales que se necesitan para constituir en las mejores condiciones posibles las *revolturas*, ó sean los lechos de fusion; pero como estas materias quizá se encontrarian á distancias considerables, seria preciso contar con los costos correspondientes á los fletes; en consecuencia, prescindiendo de los minerales guanajuatenses, los demas elementos habria que importarlos con más ó ménos costo, aumentando con esto necesariamente el importe de la fundicion.

Suponiendo que los minerales de Guanajuato, bajo buenas condiciones formaran parte de las *revolturas*, en la proporcion del 25 por ciento, seria preciso importar 75 por ciento de plomosos y ferruginosos, estos últimos en estado de óxidos, para completar los lechos de fusion, y al ménos 25 por ciento de coke, además de la hulla necesaria para el consumo de las calderas. En suma, habria que importar un peso de materiales de más del cuádruplo del peso del mineral por fundir. Bajo estas circunstancias ¿qué seria más conveniente para las empresas fundidoras, situarse en Guanajuato llevando allí todos los objetos necesarios, ó buscarse una mejor instalacion en otras regiones, y llevar á ellas por compra los supuestos materiales para fundir? Las compañías americanas que en la actualidad se han instalado en el país, han resuelto el problema prácticamente, situándose en sitios más ó ménos lejanos de las minas, pero cerca de las líneas ferrocarrileras, y hasta ahora buscando localidades adonde se crucen algunas vias de importancia.

En efecto, es de suponerse que las fundiciones de Monterey, situadas en el crnzamiento del Ferrocarril del Golfo [de via ancha] y de la vía troncal del Ferrocarril Mexicano [via angosta], esperan recibir carga mineral variada, y por consiguiente favorable para el trabajo, mediante el buen arreglo de las revolturas, de las diversas y dilatadas regiones recorridas por los citados ferrocarriles y por aquellos por los cuales entroncan, como por ejemplo, el del Golfo en el Venadito, con el Internacional Mexicano, y éste á su vez en Torreon con el Central Mexicano.

La fundicion que actualmente construye la *Compañía Metalúrgica Mexicana* en la ciudad de San Luis Potosí, es de estimarse que se instala en esta localidad, en razón del cruzamiento de la via troncal del Nacional Mexicano y la del extenso ramal del Central Mexicano, que partiendo de Chicalote cerca de Aguascalientes, sobre la via troncal, camina para el Oriente hasta llegar en Tampico á las playas del Golfo Mexicano. Extensas comarcas pues, quedan en fácil contacto con la oficina en instalacion.

Hasta ahora no sé que se haya designado á la ciudad de Celaya como sitio á propósito para otra fundicion de importancia. Quizá como más alejada hácia el Sur de las carboneras norte-americanas y de las de Coahuila, su turno le tocará más adelante; pero como se encuentra esa poblacion cerca del cruzamiento de las vias troncales del Central y del Nacional, es claro que es un sitio adecuado para formar un centro metalúrgico de importancia en el centro mismo del país. A esta localidad estarian llamados á concurrir, por lo corto de la distancia, los minerales resecos de Guanajuato, que se asociarian bien con los plomosos procedentes de los Estados de Querétaro, Michoacan, México y del Oriente del mismo Guanajuato.

Si se atiende pues, á estas ventajas de situacion ferrocarrilera de fletes directos en furgones por entero, que no exígen trasbordes, costosos más que todo, por las pérdidas que pudieran resentirse de materias minerales, se puede apreciar que una oficina de importancia situada en Celaya, seria económicamente más ventajosa que establecida en la misma ciudad de Guanajuato, además de que los costos de su instalacion, y despues los de su trabajo regularizado en el beneficio, serian menores por el inferior costo de los materiales y de los jornales de mano de obra.

En el evento de que existiera así una oficina y efectuara sus compras, considerando el costo total del beneficio con la utilidad respectiva, en ocho pesos por tonelada de 2,000 libras mexicanas, bajo el supuesto de una ley en plata de los minerales de 25 onzas por tonelada, ó sean 5 marcos por 32 quintales [ley media estimativa de los frutos beneficiados en Guanajuato]: el costo por 32 quintales seria pues de cerca de 13 pesos, y si á estos se agregaran los costos de embarque y de trasporte de Guanajuato á Celaya, se obtendria un total muy cercano al costo del beneficio de patio para la misma ley. Bajo estos supuestos únicamente tratándose de minerales de mayor ley en plata [que 25 onzas por tonelada] ó de fuerte ley de oro, se obtendria conocida ventaja, ó bien se alcanzaria de otra manera, suponiendo que se cobrara una maquila menor de ocho pesos por tonelada, lo cual de pronto seria muy poco probable.

Se ha dicho en una publicacion minera,[1] que en la Fundicion de metales plomosos de Guadalupe, en Villaldama, en el Estado de Nuevo Leon [que fué una de las primeras que se establecieron en grande escala en el país con capital americano, sobre la línea del Nacional Mexicano, y fuera del cruzamiento de otras líneas ferrocarrileras], el costo de tratamiento de una tonelada de 2,000 libras, es de $ $4^{88}$ moneda americana, pagando jornales de cincuenta centavos á un peso por dia, gastando en los hornos de fu, sion coke de Mac-Alister, del Territorio Indio en los Estados Unidos, que tiene de 12 á 16 por ciento de ceniza, siendo su costo de $ $13^{30}$ moneda mexicana, entregada en la oficina y fundiendo en 24 horas de 66 á 70 toneladas de metal. Desde luego se advierte, examinando el detalle numérico, que este costo de maquila se ha estimado sin contar los gastos imprevistos, los aseguros, los réditos del capital radicado en la maquinaria y edificios, las depreciaciones del Establecimiento, ó bien en su lugar la amortizacion del capital dentro de un plazo prudente. Tomando en cuenta como es justo, estas diversas partidas, el costo de maquila tiene que ascender al ménos á seis pesos por tonelada.

Esta oficina de Villaldama, sin embargo de lograr un costo de tratamiento económico, compraba los minerales cuarzo-calcáreos

1 *El Minero Mexicano*, tomo XVI, pág. 92 refiriéndose á un artículo del periódico científico industrial neo-yorquino *Engineering and Mining Jounal.*

de Catorce, cobrando una maquila por tonelada de $ 17 50 en dinero americano, ó sean $ 21 00 en moneda mexicana. A este tipo de cobro, el costo de maquila por monton de 32 quintales, seria de $ 33 60: en consecuencia, si la supuesta oficina de Celaya cobrara cantidades semejantes, no recibiria una sola tonelada de mineral de Guanajuato para su tratamiento.

El coke y la hulla llegarian á Celaya con un recargo de flete, que se marcaria quizá por un exceso de costo de uno á dos pesos sobre la maquila de Villaldama, miéntras la competencia ferrocarrilera de las dos líneas que se cruzan, no hiciera bajar el precio del combustible. No es dable estimar cuánto tiempo trascurrirá para que esa competencia ejerza sus efectos de un modo perceptible, y si bien este caso ha de llegar con el desarrollo y tráfico de otras líneas; pero siendo el plazo indefinido, no puede computarse un costo menor de ocho pesos de maquila en Celaya por tonelada fundida de metal, segun la estimacion presentada ántes. Este costo, dadas las circunstancias actuales de tarifas ferrocarrileras de flete, si fuera posible obtenerlo por concesiones especiales, seria ciertamente bien económico. A este costo habria que agregarle la utilidad que se propusiera obtener la empresa fundidora, y que muy probablemente no seria solamente de medio peso por tonelada, sino una cantidad más fuerte, con el fin de compensar tambien en sus compras la pérdida natural de metales preciosos en el tratamiento.

De estas consideraciones resulta, que el precio deducible del valor de los metales preciosos contenidos en una tonelada de mineral, con ley de 25 onzas de plata, es poco probable que de pronto pudiera ser de ocho pesos, ó aun de un marco de plata [ó casi $ 9 00 ó bien 1,60 marcos por 32 quintales] situada la carga en Celaya. Aumentado el flete, la deduccion en ley seria análoga á la actual de Guanajuato; pero la liquidacion del excedente de la plata seria poco más ó ménos á un peso la onza de plata y á veinte pesos la onza de oro, en lo cual habria una ventaja real sobre el sistema seguido hoy en las compras.

De pronto pues, no es probable que el establecimiento de las grandes oficinas de fundicion en proyecto, originen un cambio en el sistema de beneficio que se sigue hoy en Guanajuato con la gran masa de los minerales extraidos de las minas; pero si en

virtud de las competencias ferrocarrileras y de las de unas oficinas de fundicion con otras, se mejoraran los tipos de compra, se estableceria entónces otra seria competencia entre los beneficiadores azogueros y los fundidores, dividiéndose el campo de la produccion.

Los minerales de más baja ley costeable, tendrian que quedar en Guanajuato para su tratamiento por amalgamacion, y únicamente excediendo de cierta ley, la competencia entre ambos beneficios seria posible. Es de advertir, que siendo la produccion semanaria de minerales en Guanajuato de 3,600 toneladas poco más ó ménos, ó sean 514 por dia, para fundir al ménos la mitad de este peso, seria preciso el establecimiento de una oficina de bastante importancia representando en su conjunto un capital crecido.

Más ántes de que los metales de Guanajuato sean absorbidos en buena parte por la fundicion, otras oficinas habrian abarcado en su mayoría los metales de Zacatecas, supuesto que la pérdida en plata arrastrada por los residuos del beneficio de patio de minerales poco más ó ménos de la misma ley, en ambos distritos, se encuentra en la relacion de 0,50 es con 0, 88 sobre el monton de 32 quintales; ó bien en valor en Zacatecas, se pierden de plata dos pesos más próximamente por tonelada que en Guanajuato. Tratándose de un beneficio económico de fundicion, dos pesos en tonelada es una diferencia bastante fuerte para dejar de tomarla en consideracion; así es que, ántes de nivelarse en la competencia económica, los tratamientos de fuego y de patio con los metales de Guanajuato, en el órden regular de los acontecimientos, se habria resuelto la misma competencia en Zacatecas, situado bastante más al Norte y de conguiente en mejores condiciones para el precio del combustible mineral.

Este precio es decisivo para toda especie de industria metalúrgica que requiere la accion constante y prolongada de un fuego intenso, y si algun dia en el país, por el efecto de las competencias ferrocarrileras, ó por el descubrimiento de otras buenas carboneras por el estilo de las del Rio Sabinas, este precio descendiere á ser de seis á ocho pesos por tonelada, entónces, como aconteció en Freyberg, el beneficio de fundicion, susceptible de mejorar la extraccion de los metales preciosos, y susceptible de gobernar-

se bien con el auxilio de la química, tenderá á sustituir á nuestro secular y actual sistema de patio.

Humboldt en principios del siglo decia lo siguiente:[1] "El método descubierto por Medina tiene la gran ventaja de la sencillez; pues no exige construccion de edificios, ni combustibles, ni máquinas, ni apénas fuerza motriz. Con el mercurio y algunas caballerías para mover los arrastres, se puede, en la amalgamacion por patio, sacar la plata de todos los minerales secos, cerca del tiro de donde se los saca y en medio de un desierto, con tal que el terreno esté bastante igual para sentar las tortas. Pero tiene el inconveniente de ser lento y de causar una gran pérdida de azogue."

Sonneschimidt ántes que Humboldt, habia hecho un elogio muy cumplido de la amalgamacion de patio,[2] considerándola perfectamente adaptada á las circunstancias especiales de este país, y en efecto, miéntras las vias de comunicacion no pudieron perfeccionarse, no era dable proyectar un cambio favorable y sustancial en nuestra manera peculiar de extraer la plata con economía de las enormes y variadas masas de materia mineral.

El ejemplo de lo acontecido en Freyberg con el sistema de toneles, que desapareció con motivo de la baja de precio del combustible mineral, puede reproducirse en parte en las regiones centrales de este país, y esta revolucion metalúrgica es la que parece iniciarse con las grandes oficinas fundidoras en contruccion y en proyecto.

---

## Apreciaciones sobre el beneficio de lixiviacion.

---

El tratamiento de lixiviacion está llamado en mi concepto, muy probablemente á prestar grandes servicios á nuestra industria minera. El célebre profesor inglés Mr. Perey, fué el primero que indicó la idea en un opúsculo publicado en 1848, de disolver la plata de los minerales, valiéndose de una solucion acuosa de hiposul-

1 *Ensayo Político sobre Nueva España*, traduccion castellana. Paris, 1827, tomo III, p—166.

2 *Tratado de la amalgamacion de Nueva España.*—Paris, 1825.—pág 91.—Capítulo XXVI.

fito de sosa, y hasta 1858, fué cuando habiendo leido el químico austriaco Von Patera una traduccion de lo expuesto por el Doctor Perey, introdujo en Joachimstal el procedimiento de lixiviacion que llevó su nombre, y que poco despues se extendió su uso en los Estados del Oeste de Norte-América.[1] El éxito de su aplicacion, en cuanto al monto de la plata extraida, estuvo basado muchos años por completo, en el monto del metal precioso clorurado en la reverberacion; por consiguiente, cualquier descuido ó desarreglo en esta necesaria operacion química, conducia inevitablemente á que la plata no clorurada quedara en los residuos.

El costo de la reverberacion por una parte, en un país como México en donde el combustible por lo general es caro, y por la otra las dificultades consiguientes y cotidianas de lograr una buena reverberacion [entregada inevitablemente casi por completo á los operarios] en donde los inteligentes y buenos obreros escasean, para confiarles el buen manejo de una operacion realizada sin intermitencia durante el dia y la noche, han sido obstáculos bien graves para que semejante tratamiento pudiera extenderse en el país. Sin embargo, en algunas negociaciones mineras de los Estados de Sonora, Sinaloa, Durango y Zacatecas, este método pudo sistemarse, ántes de conocerse las recientes innovaciones que lo han mejorado notablemente; en consecuencia, su uso en aquellas regiones probablemente se extenderá todavía más en lo sucesivo.

Las imperfecciones frecuentes en la cloruracion de la plata, obligaron en Europa y Estados Unidos á subsanar este grave inconveniente, durante la segunda parte química del tratamiento, ó sea en las operaciones de la lixiviacion propiamente dicha. En efecto, se procura hoy ejecutar la reverberacion clorurante lo mejor posible, y despues de lixiviada por el método ordinario la masa mineral, se somete á otras reacciones químicas por la via húmeda, con el fin de disolver otra porcion del metal que escapó á la cloruracion por la via seca.

Esta accion complementaria importante, deja bien preparados los minerales para someterlos á un segundo tratamiento de lixiviacion con el hiposulfito de sosa ó de cal, con el fin de extraer otra cantidad de plata de la que habia quedado en los residuos.

1 *The Mining and Metallurgy of Gold and Silver by J. Arthur Phillips.*— London, 1867 pág. 419.

Los ingredientes usados para estas reacciones dentro del agua, varían, y de aquí resultan los diferentes planes adoptados hoy para este tratamiento. En las oficinas de fundicion de Stewart, Georgetown, en Norte-América, segun W. Brunton, se somete el polvo mineral á una segunda cloruracion, en cubas de madera de 1,[2] metros de alto, por 2,70 de diámetro, provistas de agitador y de tapa, capaz de ajustarse herméticamente, á fin de hacer concurrir á su interior, gas ácido sulfuroso y vapor de agua. Cada cuba se carga con dos toneladas de mineral; y se le agrega el líquido de Hunt y Duglas, ó sea una solucion de sal comun y de cloruro ferroso. El cloruro cúprico que se origina durante el trabajo, en razon del óxido de cobre que se encuentra en el mineral reverberado, en presencia del cloruro de sodio, y con ayuda de la elevacion de temperatura, convierte en cloruro la totalidad de sulfuro de plata presente en el mineral, despues de cinco horas de agitacion. A continuacion se deja asentar por el reposo el líquido, y se le separa para sustituirlo con agua simple, que se calienta por medio del vapor, y se pone en accion el agitador por dos horas, despues de lo cual se retira esta agua y se somete la masa á la accion del hiposulfito de cal, agitándola por cuatro horas, á 38° c. de temperatura; despues se deja reposar de nuevo y se separa la solucion conteniendo la plata. En el evento en que el mineral sea muy rico, es conveniente lavar el residuo con agua á 40°, y repetir la operacion, despues de lo cual se da por concluido el tratamiento.

La primera solucion separada, conteniendo cloruro de sodio y cloruro ferroso, se filtra para separar las impurezas mecánicas, se le deja correr á estanques llenos de limaduras de hierro, con el fin de precipitar el cobre, y dejar la solucion en sus primitivas condiciones de composicion. Las aguas de lavado se evaporan hasta ponerlas en una contraccion de 15° Baumé, con objeto de someterlas á una secuela de operaciones semejante.

El resto del tratamiento es análogo al comun de lixiviacion, pues se precipita la solucion de la plata por medio del sulfuro de calcio. Sobre el líquido restante se hace pasar una corriente de gas sulfuroso, con el fin de convertir el exceso del sulfuro en hiposulfito. El sulfuro de plata se lava con agua, se le seca y se le reverbera á baja temperatura en un horno pequeño, hasta evaporar to-

do el azufre libre, y despues, con los fundentes necesarios, se eleva la temperatura hasta poner la masa en perfecta fusion. Se retiran las escorias, se limpia el metal y se vacia en moldes. Los residuos, cuando tienen ley costeable, se les somete al tratamiento con una nueva masa de minerales.[1]

Hace varios años se aplica á los metales auro-argentíferos de los distritos mineros del Oeste de los Estados Unidos, un método de cloruracion por la via húmeda, que no es complicado y que se combina muy bien con el tratamiento de lixiviacion. Kustel y Hofmann usaron en su sistema del cloro en estado gaseoso, preparado con peróxido de manganeso, sal marina y ácido sulfúrico á 66° Baumé,[2] y sujetaban á su accion el mineral auro-argentífero, sobre el filtro de una tina lixiviadora: concluida la cloruracion, en un período de diez y ocho á veinte horas, se separaba el excedente del cloro gaseoso para aprovecharlo, se daba acceso sin demora, al agua con el fin de disolver el cloruro de oro que se separa por la filtracion, y concluída ésta, se sometia el residuo mineral á la accion del hiposulfito de cal ó de sosa, para separar por disolucion el cloruro de plata, tal y como se practica en el tratamiento de lixiviacion.

En la pequeña region minera de San Juan de la Chica, en el Municipio de San Felipe, del Estado de Guanajuato, he visto aplicar la cloruracion por la via húmeda á los metales preciosos, de una manera todavía más fácil que por el procedimiento de Kustel y Hofmann. Los minerales pobres y los residuos de tratamiento todavía con ley costeable, procedentes de una veta cuarzosa auro-argentífera, suficientemente molidos por los bocartes hidráulicos, se colocan en un tonel con la adicion de bastante agua, se les agrega una dosis de la sal usada como desinfectante y como blanqueadora [*bleaching powder*], comunmente llamada "cloruro de cal," y además ácido sulfúrico: se cierra el tonel herméticamente y se le pone en rotacion.

Suponiendo el ácido en exceso, la reaccion que tendrá lugar en estas circunstancias, la expresa Watts del modo siguiente, en la

1 Véase sobre este asunto *A Dictionary of Chemistry and the Allied Branches of other sciences by Henry Watts, Third Supplement. Part.* II. London, 1881 pág. 1796.

2 *Roasting of Gold and Silver Ores and the Extraction of their Respectives Metals without quicksilver, by G. Kustel.* San Francisco, 1870, pág. 128.

inteligencia de que el cloruro de cal es una asociacion de hipoclorito de cal y de cloruro de calcio:[1]

$$\text{“}Ca\,Cl\,O + Ca\,Cl + H^2\,SO^4 = H^2O + Cl^2 + Ca^2\,SO^4$$

“El ácido sulfúrico obra primero sobre el hipoclorito y pone en libertad el ácido hipocloroso, y despues obra sobre el cloruro poniendo en libertad el ácido clorohídrico, y como ambos no pueden coexistir, resulta segun, lo expresado, su mutua descomposicion en agua y en cloro libre.”

Confinado pues, este gas á ligera presion, dará orígen á que se forme una agua suficientemente cargada de cloro, para atacar al oro metálico y á la mineralizacion argentífera. La accion mecánica de la rotacion del tonel, contribuirá á poner á descubierto las partículas para uniformar dicha cloruracion.

Pudiendo obtener los polvos blanqueadores y el ácido sulfúrico á precio moderado, quizá podria aplicarse este método á las lamas en las cuales el oro muy finamente dividido y en notable cantidad, escapase en la amalgamacion de los arrastres en Guanajuato.

El ácido sulfúrico en el país, tendrá más ó ménos tarde un precio económico, supuesta la abundancia de las piritas [especialmente en los distritos mineros], del salitre y aun del azufre mismo en estado nativo. El bajo precio de este ingrediente decide el desarrollo de las industrias que preparan productos químicos en grande escala, supuesto que, como lo ha dicho un autor, el ácido sulfúrico hace el mismo papel en ellos, que el desempeñado por el fierro en las industrias generatrices y manufactureras. Con los polvillos convenientemente reverberados se podria preparar ácido sulfúrico de Nordhausen, siguiendo para esto el procedimiento bien conocido, y despues de los residuos resultantes, sujetados al tratamiento que se eligiera, se obtendria una buena parte de los metales preciosos contenidos en ellos.

La cloruracion de la plata es hoy la base de variados tratamientos metalúrgicos por la via húmeda, y este mismo sistema de cloruracion es el único que hasta ahora se presenta como más fácil en este país para mejorar la extraccion del oro, miéntras el

1 *A Dictionary of Chemistry by Henry Watts*, vol. I. London, 1866, pág. 908.

combustible mineral, capaz de producir buen coke, no llegue á establecerse á un tipo de costo moderado, á fin de que se generalice el método de la fundicion en grande escala, al ménos en las comarcas recorridas por los ferrocarriles.

Otro de los planes seguidos como una importante modificacion al antiguo y general sistema de lixiviacion, es el de Mr. Russell. Despues de la reverberacion que exige el sistema, se somete el mineral á una lixiviacion con simple agua fria, y no caliente, con el fin de no arrastrar una porcion notable del cloruro de plata, siempre soluble en pequeña cantidad, en las aguas cargadas de otros cloruros, particularmente si las disoluciones se hacen en caliente. Si la reverberacion se ejecutó en los términos convenientes, el hierro, el zinc y el manganeso quedarán separados casi en su totalidad, bajo la forma de sulfatos y cloruros solubles, y el plomo y el cobre, se habrán separado únicamente en parte.

El mineral, despues de esta primera lixiviacion, se ataca por la solucion de hiposulfito de sosa, del ¼ al 1½ por ciento, y despues de la decantacion, se agrega al líquido resultante carbonato de sosa más ó ménos impuro [para obtenerlo barato], con el fin de precipitar el plomo, que bajo la forma de sulfato y de cloruro [que es como regularmente queda despues de una buena reverberacion, oxidante primero y despues clorurante] se encuentra disuelto en el hiposulfito. Por decantacion se separa el carbonato de plomo, y en consecuencia en el líquido quedarán la plata y algo de cobre, que se separan del líquido por medio del sulfuro de sodio, tal y como en el sistema ordinario de lixiviacion.

Hasta aquí la única innovacion importante de Mr. Rousell, es la separacion del plomo de una manera económica; pero la mejora quizá más importante, es la del tratamiento de los residuos minerales en la misma secuela de operaciones.

Cuando la accion ordinaria del hiposulfito ha concluido y se ha separado éste, entónces se hace obrar al ménos por 12 horas, sobre el mineral, la "*solucion extra*," como la llama su autor, formada de una disolucion mezclada de hiposulfito de sosa y de sulfato de cobre, la cual ejerce una accion disolvente sobre la plata en estado metálico, en el de sulfuro, y en el de sus combinaciones con el antimonio y el arsénico. Mediante la aplicacion de este atacante y disolvente á la vez, se recoge una dosis de plata, que siguien-

do el antiguo sistema, quedaba inevitablemente en los residuos.

En virtud de que el poder disolvente del hiposulfito se disminuye demasiado con la adicion del sulfato de cobre, se recomienda, como una precaucion prudente, que despues de separada la *solucion extra*, se haga pasar sobre la masa mineral un nuevo baño lixiviador de hiposulfito.

Estas abreviadas descripciones dejan conocer el amplio campo en el cual gira en la actualidad el tratamiento de lixiviacion. Los variantes introducidos y las mejoras constantes que recibe, mediante experiencias químicas por lo regular sencillas, hacen creer que este método llegará á ser uno de los más económicos. En efecto, escalonadas las tinas ó cubas convenientemente, las trasvasaciones y decantaciones son fáciles, rápidas y de costo ínfimo. La elevacion de los líquidos disolventes para situarlos de nuevo en los escalones más elevados, despues de haberlos despojado de la plata que contenian, es una manipulacion mecánica de poco costo, supuesto que la cantidad de líquido empleado es aproximadamente el triple del peso de la masa mineral, bajo el supuesto de que se ejecuten cinco lixiviaciones [la primera con agua simple, la segunda con hiposulfito, la tercera con la extra ó de Rosell, la cuarta con hiposulfito y la quinta con agua simple] y despues la precipitacion.

El consumo de ingredientes es limitado, supuesto que las mismas soluciones continúan en servicio indefinido, especialmente si se conservan con algunas precauciones.

Teniendo en cuenta los adelantas rápidos de un sistema justamente moderno, puede estimarse que no tardará mucho en descubrirse un procedimiento por la via húmeda, que sin exigir la reverberacion, al ménos para frutos de una composicion tan sencilla como los de Guanajuato, sometiéndolos á la accion simple ó alternativa de baños atacantes y lixiviantes, sea posible extraer la misma cantidad de plata que hoy se recoge por la amalgamacion de patio, quedando despues por ejecutarse la concentracion y el tratamiento de los polvillos.

Una de las grandes ventajas de un sistema semejante, seria la de sujetar desde luego al tratamiento la masa mineral molida. La formacion de las tortas para el patio exige una pérdida de tiempo, á veces de varios dias, trascurridos inevitablemente desde que

se obtienen las primeras lamas correspondientes á una torta, hasta quedar disponibles las últimas que la completan, muy particularmente si se trata de grandes tortas como las de Guanajuato.

Ninguna solucion de continuidad habria para la lixiviacion, si desde el agua agregada á la granza de los arrastres para la porfirizacion fuera ya un baño atacante, cuya accion deberia concluir, al retirarse el líquido por medio de sifones, del estanque lixiviador, correspondiente hoy para el patio, en el llamado "*lamero.*"

El problema, sin embargo, no carece de dificultades, porque fácilmente se comprende, que despues de reverberada una masa mineral, bajo una accion lenta, oxidante al principio y despues clorurante, los elementos electro-negativos que retenian mineralizada la plata, han sido eliminados casi en su totalidad, y por consiguiente este precioso metal pudiera decirse que queda accesible á las reacciones químicas de la via húmeda; pero cuando no ha habido reverbero, y que por consiguiente la plata se encuentra establemente combinada con sus agentes mineralizadores, la cuestion cambia notablemente de aspecto, y bien se comprende la necesidad de sujetar el mineral á la accion de baños enérgicos que la separen de las dichas combinaciones, ó bien á la de baños diluidos, pero de accion prolongada, á fin de obtener con el concurso indispensable del tiempo, lo que económicamente no se pudiera realizar con mayor rapidez por medio de reacciones químicas abreviadas.

Para concluir, daré una idea rápida de lo que es y ha sido la industria metalúrgica en Guanajuato, á juzgar por el número de arrastres, ó sea por los aparatos de porfirizacion puestos en accion. De acuerdo con la última Memoria oficial que tengo á la vista,[1] las haciendás en movimiento en 1886 eran 35, con 620 arrastres grandes y 672 chicos, ó sea un total de 1,292 en movimiento y 73 molinos de granceo.

En 1878[2] habia 1,053 arrastres en movimiento en 34 haciendas, y 205 en la inaccion en 6 haciendas. Sostenian las primeras para

1 *Memoria leida por el C. Gobernador Constitucional del Estado Libre y Soberano de Guanajuato, General de Division Manuel González, en la solemne instalacion del 12º Congreso Constitucional, verificada el 15 de de Setiembre de* 1886. México 1887, Documento núm. 80.

2 De acuerdo con la *Memoria del Gobernador del Estado, de Setiembre* 15 *de* 1878, impresa en Guanajuato en 1878, documento núm. 31.

su movimiento, 7,050 mulas y empleaban 900 para el trasporte de la carga mineral.

En 1874, existian 39 haciendas con

| | |
|---|---|
| Arrastres movidos por mulas | 945 |
| ,, ,, ,, fuerza motriz de agua | 33 |
| ,, ,, ,, ,, ,, de vapor | 39 |
| Total número de arrastres | 1,017 |

La cantidad de mineral movido en el año, fué de 720,193 cargas de á 14 arrobas, habiendo sido la extraccion en las minas, de 722,194 cargas.[1]

Un informe manuscrito de la Diputacion de Minería correspondiente á 1864, manifiesta que existian:

| | | |
|---|---|---|
| 34 haciendas de beneficio con | 1,101 | arrastres. |
| 14 zangarros ,, ,, | 114 | ,, |
| Total número de arrastres existentes | 1,215 | |

De este total estuvieron en movimiento, más ó ménos durante el primer semestre, 1,032 arrastres, y paralizados los demás. La carestía de los forrajes obligó en el segundo semestre de 1864 á paralizar 635 arrastres.

En 1848, época correspondiente á la bonanza de la Luz, se encontraban en movimiento 32 haciendas y 7 zangarros con 1,030 arrastres.[2]

La denominacion de zangarro, corresponde en Guanajuato á una pequeña hacienda con 12 arrastres á lo más.

En 1803, cuando Guanajuato se encontraba aún en el apogeo de produccion mineral, debida á las principales minas de la Veta Madre, y muy particularmente á la de Valenciana, existian en movimiento segun Humboldt, 1,896 arrastres, que molian próximamente 11,370 quintales por dia.[3]

Bajo el supuesto de que la cantidad porfirizada en el año hubiera sido de 3.547,440 quintales, contando únicamente con seis dias útiles en todas las semanas, y teniendo en cuenta que la can-

1 *Memoria del Gobernador del Estado, de Setiembre* 15 *de* 1875, impresa en México, 1876, documentos 28 y 29.

2 *Diccionario Universal de Historia y Geografía.*—México 1853, tomo III, págs. 719 á 721.

3 *Ensayo Político sobre Nueva España*, traduccion castellana. Paris, 1827, tomo III, pág, 97.

tidad de plata producida ese año por la amalgamacion, fué de 659,993 marcos, segun lo especificado en el capítulo I de este libro, se obtiene que la ley media producida entónces por la gran masa beneficiada, era de casi 6 marcos por monton [de 32 quintales].

Comparando los valores de los metales preciosos amonedados y exportados, con el número de arrastres en accion, obtengo los resultados siguientes:

| Años. | Producto en plata y oro en pesos. | Número de arrastres. | Producto medio anual por arrrastre, en pesos. |
|---|---|---|---|
| 1803 | 6.534,495 | 1,896 | 3,446 |
| 1848 | 7.655,400 | 1,030 | 7,432 |
| 1864 | 4.660,000 | 1,032 | 4,515 |
| 1874 | 4.734,000 | 984 | 4,811 |
| 1878 | 5.124,618 | 1,053 | 4,866 |
| 1886 | 5.065,397 | 1,292 | 3,920 |

Este resúmen deja conocer claramente la baja cantidad de mineral porfirizado por arrastre en 1803, en una época en que la ley media general de los metales no era corta, supuesto que se dejaba sentir la influencia bonancible de la Mina de Valenciana.

El resultado en 1848 deja apreciar la elevada ley media general de los metales, con motivo de la célebre bonanza de la Luz.

Los resultados próximamente uniformes de 1864 á 1878, demuestran una ley media general poco variable, en relacion con la cantidad de mineral, poco más ó ménos constante, porfirizada por arrastre.

El resultado de 1886, parece á primera vista discordante de los anteriores; pero no lo es sin embargo, si se advierte que de los 1,292 arrastres, 672 eran chicos, cuyo trabajo, representando próximamente los dos tercios de uno grande, los 672 arrastres chicos corresponden á 448 grandes, con los cuales se obtiene un equivalente total de 1,068 arrastres grandes, y entónces el producto anual, por arrastre resulta de 4,742 pesos, ó sea una cantidad concordante con las anteriores.

El monto de mineral porfirizado en 1803, segun los datos de Humboldt, corresponde próximamente á 19,500 cargas semanarias de catorce arrobas, ó sea casi á la masa de metales producida en estos últimos tiempos; pero hoy, al porfirizarse mayor cantidad de materia por arrastre, resulta que se necesita un número

menor de tahonas para el trabajo. La diminucion de los aparatos porfirizantes, de principios del siglo á la fecha, se manifiesta terminantemente á la vista de algunas haciendas y zangarros abandonados ó ruinosos en la misma Cañada de Marfil, y todavía en mayor número en las cercanías de la corta poblacion de Santa-Ana, no léjos de Valenciana.

Porfirizándose en el mismo tiempo y bajo las mismas condiciones una cantidad mayor de mineral, la molienda tiene que resultar ménos fina; por consiguiente la práctica de muchos años ha sancionado que antiguamente la porfirizacion se avanzaba más de lo necesario.

---

Quizá me haya extendido demasiado al tratar de una manera abreviada de la amalgamacion de patio, tal y como se aplica en amplia escala en Guanajuato; pero como este asunto tiene peculiar interes en este país, en el que por semejante amalgamacion extraemos la mayor cantidad de la plata que producen nuestras minas; y como además los buenos resultados de este beneficio en Guanajuato se citan como un modelo por imitar en otros distritos argentíferos mexicanos; prudente me ha parecido entrar al exámen técnico y económico de las principales operaciones del tratamiento. Es indudable que en gran parte los buenos resultados, en cuanto al monto de plata extraido, se deben á la pericia y esmero de los inteligentes azogueros guanajuatenses; pero es preciso citar tambien el hecho, de que estos buenos resultados son accesibles en virtud de las favorables circunstancias de las asociaciones mineralógicas que constituyen allí las vetas, excepcionalmente escasas en acompañantes metálicos. Las mineralizaciones argentíferas, por consiguiente, se encuentran dispersas por imbibicion, ó muy finamente diseminadas en la masa de unas matrices más ó ménos inertes en el curso del tratamiento. Las combinaciones argentíferas, pues, bajo tales circunstancias, se encuentran casi en su totalidad libres, y por consiguiente en condiciones de obedecer á los juegos de afinidades químicas á las cuales se las somete. La pérdida del metal precioso que se experimenta en la primera operacion de beneficio, y que se escapa con los residuos, es en parte debida á una pérdida mecánica inevitable en toda operacion en

grande escala, y en parte, á que una pequeña porcion del compuesto argentífero se encuentra químicamente protegido por la pirita de hierro, con la cual probablemente se halla combinada. La porcion de pirita ó polvillos susceptibles de escapar á la pérdida mecánica, con más ó ménos artificio, dejan recoger una buena parte de la plata que contienen.

Respecto del oro, si me he extendido algo, es por la necesidad que tenemos en el país de perfeccionar nuestros métodos de extraccion relativos al precioso metal, predilecto de los poderosos países monometalistas, que lo aceptan como el único adecuado para servir de signo universal representativo de las cosas, con menos precio de la plata, relegada por esos países á ser una simple y ordinaria mercancía susceptible de diarias cotizaciones.

Segun lo he manifestado, la extraccion del oro en Guanajuato dista mucho de ser satisfactoria, supuesto que se pierde de tan precioso metal, del 30 al 40 y hasta el 50 por ciento del contenido en la masa mineral. Campo anchuroso es este para estudiar la resolucion industrial de tan interesante problema relativo á mejorar esta extraccion. No han podido en lo general lograrse mejores resultados por el tratamiento de la concentracion, ó bien por el de la amalgamacion, ni aun en Europa, Estados Unidos y Australia.

El Marqués de Caicedo, caballero español que ha publicado algunos estudios metalúrgicos sobre el oro,[1] escribió un artículo sobre este precioso metal, impreso en el periódico neo-yorquino. "*Las Novedades*," correspondiente al 26 de Febrero de 1887. De ese interesante artículo copio los siguientes párrafos, que el Sr. Marques traduce de una publicacion científica de Lóndres.[2]

"Siendo esta la indudable tendencia de nuestra época [de impedir el trabajo inútil y de utilizar los residuos en la industria], no puede ménos de parecer extraño, y casi increible, que en un importante procedimiento metalúrgico, se pierda la mitad completa de la sustancia que se busca, hoy que la ciencia y la práctica se

1 *El oro*, Madrid, 1880. *Observaciones acerca de la explotacion de los Aluviones auríferos en California, por D. A. Mesía de la Cerda, Marques de Caicedo.* Madrid, 1884.

2 *The Journal of Science and Anals of Astronomy*, &ª, correspondiente al mes de Julio de 1884.

dan la mano. Seguramente no será poca la sorpresa de nuestros lectores, cuando sepan que el material que así se desperdicia es oro!!!

"Tan inesperado es este aserto que creemos necesario presentar fehacientes testimonios en su apoyo, de ingenieros de minas, ensayadores y otras personas de especial y probada experiencia. Así el profesor Jack, geólogo del gobierno de la colonia Queensland [Australia] dice: "Creo que se pierde del 50 al 90 por ciento del oro contenido en nuestros minerales complexos."

"La misma queja nos llega de California y de los distritos auríferos de América, y de ello nos convecemos leyendo la última memoria publicada por los Directores de la Fábrica de Moneda de los Estados Unidos en Washington. En este documento encontramos lo siguiente, bajo el testimonio de Mr. B. Paul, autoridad de la mayor competencia en California: "En lo que á California se "refiere, estoy seguro que sólo se extrae de su oro un 40 por cien-"to [del contenido en el mineral que se trabaja]. Nuestro presen-"te sistema general de minería, está basado en la idea de que el "oro se presenta en partículas bastante perceptibles, siendo así "que un maduro exámen demostrará que en los minerales más ri-"cos se presenta el precioso metal en átomos más finos aún que "los de la harina.

"El profesor Eggleston, uno de los químicos metalúrgicos más "eminentes de América, calcula una pérdida de un 50 á 60 por "ciento del total del oro contenido en los minerales que se traba-"jan."

El problema pues, relativo al oro, en toda su generalidad, no se limita únicamente á Guanajuato; pero no por esto debe desmayarse al estudiar su resolucion en esta localidad.

---

# LAS MINAS DE GUANAJUATO

POR PEDRO LÓPEZ MONROY.

## ADICIONES AL CAPITULO I.

En las primeras páginas he presentado el valor de los metales preciosos acuñados en la Casa de Moneda de Guanajuato, y el de los registrados para la exportacion, hasta el final de 1887: por via de apéndice daré los resultados correspondientes á los años posteriores.

| Años. | ACUÑACIONES. | | | EXPORTACIONES. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Plata. | Oro. | Total. | Plata. | Oro. | Total. |
| 1888..... | $ 4.106,000 | $ 21,710 | $ 4.127,710 | $ 505,148.28 | $ 311,174.25 | $ 816,322.53 |
| 1889..... | 3.745,500 | 19,120 | 3.764,620 | 527,541.25 | 312,124.97 | 839,666.22 |
| 1890..... | 3.713,600 | 19,496 | 3.733,096 | 611,877.94 | 352,906.32 | 964,784.26 |
| Totales... | $ 11.565,100 | $ 60,326 | $ 11.625,426 | $ 1.644,567.47 | $ 976,205.54 | $ 2.620,773.01 |

De acuerdo con estos datos, se deduce que en el decenio de 1880 á 1889, la acuñación fué en total la siguiente:

| | |
|---|---|
| Plata..... | 43.025,000 |
| Oro..... | 591,950 |
| Total en pesos..... | 43.616,950 |

No obstante la cantidad de metales preciosos registrados para ser exportados, la acuñacion ha seguido en ligero aumento por año, comparada con la anual media de los decenios anteriores.

La total acuñación en los últimos sesenta años, de 1830 á 1889, es la siguiente:

| | |
|---|---|
| Plata | $ 256.154,832 |
| Oro | 20.654,433 |
| Total en 60 años | $ 276.809,265 |

Reuniendo el valor de los metales preciosos acuñados y exportados por año, se obtiene el siguiente resúmen:

| Años. | Plata. | Oro. | Total. |
|---|---|---|---|
| 1888 | $ 4.611,148.28 | $ 332,884.25 | $ 4.944,032.53 |
| 1889 | 4.273,041.25 | 331,244.97 | 4.604,286.22 |
| 1890 | 4.325,477.94 | 372,402.32 | 4.697,880.26 |
| Totales | $ 13.209,667.47 | $ 1.036,531.54 | $ 14.246,199.01 |

Comparando estas cantidades con las correspondientes á los años anteriores, se nota claramente un descenso en la produccion, consiguiente al malestar general de los negocios mineros.

Don Manuel Jones ha demostrado que ese malestar engendrado por la pobreza general de las minas, se acentúa en gran manera con la elevacion de los gravámenes fiscales que pesan sobre el giro de las haciendas de beneficio.[1]

Comparando los productos de los últimos diez y seis años, y dividiendo por iguales partes este período, se obtiene:

| AÑOS. | Plata en pesos. | Oro en pesos. | Total en pesos. | Valor del oro en 100 del total. |
|---|---|---|---|---|
| De 1875 á 1882 | 37.219,928 | 3.590,486 | 40.810,414 | 8.79 |
| De 1883 á 1890 | 38.082,990 | 3.123,095 | 41.206,085 | 7.57 |
| Diferencias | 863,062 | 467,391 | 395,671 | |

En los primeros ocho años se han extraido en oro 467,391 pesos más que en los segundos; pero en compensacion en los últimos se extrajeron en plata 863,062 pesos más; por consiguiente, el resultado definitivo fué un producto general de 395,671 pesos, favorable para el segundo período.

Confirma esta comparacion lo dicho anteriormente respecto de las alternativas que presenta la produccion de oro, relativamente á la de plata.

---

1 *Boletin de la Sociedad Guanajuatense de Ingenieros.* Tomo I, p. 154.

Asenté en el capítulo I, que el ruidoso litigio entre las minas de la Luz y de San José de los Muchachos no había llegado á tener un desenlace legal: como justa rectificacion debo decir, segun aclaracion de persona conocedora de los hechos, que ambos negocios mineros se asociaron indefinidamente por medio de escritura pública, salvando por completo sus diferencias.

---

## ADICIONES AL CAPITULO II.

He llamado la atencion sobre la importante superficie territorial que en nuestro país ocupan las capas cretáceas, especialmente las superiores de ese sistema. Una gran parte de esas rocas, en las regiones que convergen hacia el Golfo de México y en las tributarias del Pacífico, se encuentran desnudas y sin vestigios de que se les hayan sobrepuesto otras formaciones. Pero existe tambien á descubierto, en notable superficie de terreno, el cretáceo superior, que sin embargo de tener superpuestas las capas del sistema eoceno, en estratificacion discordante, los poderosos fenómenos de erosion, durante el final del período terciario, y muy particularmente en el cuaternario, engendraron profundas cuencas, cortando todo el terciario en grandes comarcas, y profundizando los deslaves hasta penetrar en el mismo cretáceo. Gran número de rios tributarios de ambos mares, en la parte elevada que desciende de la cordillera, ponen de manifiesto este hecho, visible muy claramente, por ejemplo, en los cauces de los rios que atraviesan la Sierra Gorda (en los Estados de Querétaro y Guanajuato) y la prolongacion de ésta al Sur en el Estado de Hidalgo, y al Norte en el de San Luis Potosí, cuyas aguas van á perderse al Golfo Mexicano. Análogamente acontece con los rios que atraviesan la Sierra Madre en los Estados de Guerrero, Michoacán, Jalisco y Durango.

Los pórfidos engendrados por el metamorfismo basáltico sobre los sedimentos eocenos, superpuestos sobre el cretáceo superior, tienen en su espesor notable desarrollo en las regiones centrales y elevadas del país; pero dicho espesor declina visiblemente en lo general, tan pronto como decrece la altura absoluta de los sitios

observados, segun he podido reconocerlo posteriormente, analizando mis numerosas notas geológicas de cartera. La superficie, pues, del cretáceo que sirvió de base á estas capas, parece que fué poco desigual en la generalidad de los casos. Este hecho hace sospechar que la regularidad que en el ascenso y emersion de las capas terciarias tuvo lugar en nuestro país á impulsos de las acciones basálticas, segun lo hice observar (consignando la circunstancia de que este período de levantamiento pudiera designarse con el nombre de *época de las mesas*, por las numerosas, extensas y elevadas planicies casi horizontales, cortadas por todos lados, situatuadas en las altas regiones centrales de la República) no pertenece nada más á las acciones del basalto, sino que ya de antemano los poderosos fenómenos de levantamiento, al cerrarse el período cretáceo para abrirse la éra terciaria, afectaban en parte á esa forma regularizada, propendiendo á constituir mesas casi horizontales.

Efectivamente, al describir la exquista guanajuatense hice notar que los sitios donde esta roca culmina, se encuentran á una altura absoluta muy semejante, y además, estudiando atentamente el terreno se reconoce la propension del cretáceo de formar mesas, muchas de las cuales están cubiertas en su parte superior por las capas del conglomerado, más ó ménos trasmutado en pórfido, y en donde se pronuncian fuertes declives sobre la esquista, el surcamiento de erosion está muy á la vista como perteneciente al final del terciario y al cuaternario.

Fuera de la Sierra de Guanajuato, este hecho se presenta con marcada claridad, por ejemplo en el suavemente ondulado terreno de los lomeríos, entre la poblacion de Salinas del Peñon Blanco (Estado de San Luis Potosí) y la ciudad de Zacatecas. Prescindiendo de las montañas comarcanas coronadas casi todas por las capas terciarias trasmutadas en pórfido, superpuestas al cretáceo, y prescindiendo tambien de las elevaciones constituidas por la liparita granitoide, que aparece en esta comarca (al Este de los Cerritos de San Agustin, y al Este y al Norte de la poblacion de la Blanca) toda la parte deprimida del terreno, no surcada por las erociones, tiene la forma aplanada, en algunos sitios constituyendo verdaderas mesas, pertenecientes al cretáceo superior.

Coronando las montañas que circunscriben el valle de la ciudad de San Luis Potosí, son muy visibles las capas terciarias de metapórfidos; pero caminando hácia el Norte, el espesor total de estas capas en las cumbres se adelgaza, en términos de que al Norte de la Hacienda de Bocas, y en paralelo con la poblacion de Moctezuma; dicho espesor es corto; y más al Norte aún, las cumbres más elevadas de las montañas están formadas por las capas del cretáceo superior, como acontece en el distrito minero de Catorce. Entónces las mesas engendradas por las acciones basálticas, aparecen como unas simples mesillas, ó bien como peñones dispersos en las llanuras, análogos á los descritos al referirme á la *época de las mesillas.*

Todavía más al Norte, entre Catorce y la ciudad del Saltillo, las manifestaciones basálticas se atenúan aún más: los metapórfidos con sus mesas y peñones casi han desaparecido de las llanuras, y las montañas comarcanas pertenecen todas al cretáceo.

Del Saltillo á Monterey el terreno se pronuncia en rápido descenso: las vertientes de las serranías continúan en ser enteramente cretáceas, y en el fondo de los valles tienen que encontrarse superpuestos los sistemas de capas del terciario y del cuaternario, hasta los depósitos superficiales contemporáneos.

De Monterey hácia el Norte, los valles tributarios del Rio Bravo se ensanchan notablemente, y continúan en descenso, divididos por caballetes montañosos de poca anchura, constituidos en gran parte por rocas cretáccas, á veces dentelladas; pero ya en estas regiones se observan con frecuencia mesas aisladas casi horizontales constituidas por las rocas del cretáceo superior, levantadas sobre las llanuras cuaternarias por intermedio de vertientes, en las que claramente se advierte la estratificación concordante y casi horizontal de las capas.

Un ejemplo notable de planicie de esta especie es la Mesa de Cartujano, situada al Norte de la poblacion de Candela, en el Distrito de Monclova, del Estado de Coahuila, que segun se dice tiene 15 ó 20 leguas cuadradas de superficie. La mesa de las Animas, al Suroeste del mismo Candela, así como otras varias de corta superficie comparadas con la de Cartujano, presentan ejemplos en menor escala de la tendencia de las capas cretáceas de presentarse bajo la forma de planicies aisladas en lo alto de los lomeríos.

Así pues, esa tendencia que habia yo marcado como caracterizando el gran período basáltico mexicano, se manifiesta sin duda alguna desde la formacion anterior á ese período dinámico-geológico; en consecuencia, no es de aceptarse el término de "época de las mesas" para dicho período basáltico, ni tampoco el de las *mesillas* para el período de emisiones basálticas cuaternarias.

Es de notar que nuestras montañas del centro del país emergidas al final del período cretáceo, como la Sierra de Catorce, una parte de la de Zacatecas, la notable montaña del Peñon Blanco (en el Estado de San Luis), etc., han continuado en elevarse con todas las regiones afectadas por las acciones basálticas, hasta adquirir la notable altura á la cual se encuentran hoy levantadas. Se puede, pues, inferir, que si las manifestaciones químicas de los agentes poderosos que han determinado el ascenso del terreno sobre dilatadas superficies (por una parte para abrirse la éra terciaria, y por la otra, muy posteriormente, para continuar el levantamiento hasta el cuaternario), son bien diferentes entre sí; sus efectos dinámicos, no obstante, son análogos, supuesto que la elevacion producida por las acciones anexas á las dioritas, sienitas y liparitas granitoides, fueron continuadas con algunas modificaciones por las acciones posteriores correspondientes al gran levantamiento orogénico engendrado por el basalto.

Haré observar de paso, que desde el Norte del Estado de San Luis hácia las ciudades del Saltillo y Monterey, el estudio estratigráfico y paleontológico del cretáceo es fácil, supuesto que las montañas, sin capas superpuestas de otro sistema, se levantan considerablemente dejando á descubierto, por sus vertientes, las diversas hiladas de rocas, algunas abundantes en fósiles. Entre estas montañas suelen presentarse algunas, como el Cerro de la Mitra, cerca de Monterrey, con inflexiones notables en las capas, casi horizontales en la region de las cumbres prominentes, y fuertemente inclinadas por los declives que miran al Este y al Oeste.

Al Sur de la pequeña poblacion de Santa Catarina, tambien cerca de Monterey, se encuentra un caballete de montañas calizas, atravesado por una escotadura ó cañon, por el que descienden las aguas pluviales de esa comarca alpina, y durante las sequías suministra en abundancia agua cristalina que brota de los manantiales situados entre las vertientes. El camino más fácil

para penetrar á las cordilleras, es por el mismo cañon, que ondula caprichosamente siguiendo las curvas de engrane de las bases de unas montañas con las de las bases de las montañas del lado opuesto. Los grandes relices verticales de la capas de la caliza, y los agrietamientos trasversales á la estratificacion, verticales tambien, han hecho tomar á las grandes caras que presenta esta roca, un tipo monumental verdaderamente bizarro y pintoresco, imitando el estilo de construccion ogival, con sus agujas culminantes, sus ventanas angulosas y el tipo general propendiendo á elevarse en altura. A la vista de estos rústicos paisajes, ocurre la pregunta de si ese estilo de arquitectura tomaria nacimiento tratando de imitar esas especies de caprichosos y groseros monumentos colocados entre las quebradas de las cordilleras.

Las capas eocenas, y quizá algunas miocenas, ó bien las *paleocenas* y *oligocenas*, sinónimas de las anteriores, propuestas de pocos años acá por algunos geólogos, formadas de conglomerados y areniscas más ó ménos trasmutadas por metamorfismo en pórfidos traquíticos, declinando á veces á doleritas, dominan sobre grandes superficie en las montañas del país, elevándose á veces hasta 3,000 metros de altura absoluta (como en las cercanías del Real del Monte y en la Sierra Madre, al Oeste de Durango). Esa serie numerosa de capas forman las más elevadas montañas que circunscriben los valles lacustres de las ciudades de México, Puebla, Toluca, Morelia, Celaya, Salamanca, Leon, Aguascalientes, San Luis Potosí, Durango, etc., y muchísimos otros valles semejantes de gran extension, sin poblaciones que los hagan notables. El espesor del conjunto es muy variable segun los sitios que se elijan para la estimacion; pero donde he podido observarle un gran desarrollo, además de en las cercanías de Xichú Victoria, ya citadas (del Estado de Guanajuato), es en la Sierra Madre, al Oeste de la ciudad de Durango, sobre los ásperos declives que miran hácia el Pacífico. Probable me parece que el espesor en estas regiones exceda de mil metros.

Entre esta gran serie de bancos superpuestos en estratificacion ligeramente *trasgresiva*, acercándose más á la horizontalidad los colocados á mayor altura, se encuentran muchos superficiales, notoriamente los que coronan la formacion, con el aspecto de pórfido traquítico compacto de base feldespatizada; pero á veces los

fenómenos hidrotermales posteriores á su metamorfismo, han arcillificado algunas regiones, y entonces su color es claro, y su compacidad visiblemente ha declinado. Descendiendo de las elevadas mesas que constituyen las cumbres de la Sierra Madre, y siguiendo algun sendero por los enormes contrafuertes de estas cordilleras, no es raro encontrar capas perfectamente reconocibles de conglomerados y areniscas poco matemorfoseadas. Entre estas capas se encuentran algunas sobre las cuales debo llamar la atencion de una manera especial, por tratarse de una bella arenisca verde análoga al losero de Guanajuato, intercalada entre la formacion, en el sitio llamado Cuesta de los Asientos (que no es otra cosa que un acantilado natural abrigado en su parte superior por algunas capas salientes), en el Municipio de Pueblo Nuevo, Estado de Durango. Un arroyo profundo, llamado tambien de los Asientos, al abrir su cauce, puso á descubierto estas bellas capas, á una elevacion absoluta de 1580 metros. En esas serranías como en la de Guanajuato, he podido observar que esa arenisca no se encuentra confinada á un solo grupo limitado de capas, sino que aparece, cuando ménos, en dos intercalaciones entre la gran serie de conglomerados.[1]

Al escribir el capítulo II, de cuyas adiciones me ocupo en estas líneas, olvidé de una manera que me es inexplicable, efectuar una interesante trascripcion que tenia preparada muy de antemano, con el fin de presentar algunas conjeturas sobre la edad relativa de las capas más encumbradas de la Sierra de Guanajuato. Considero esta edad de grande importancia, supuesto que el terciario metamórfico aparece muy extendido en el país, y en casi todos los casos las capas superiores, situadas hoy á considerables alturas, pertenecen á la misma época geológica. Despues de efectuar la trascripcion, presentaré algunas notas conducentes al mismo objeto. El texto por citar, escrito por Mr. J. D. Whitney,[2] es el siguiente: "Creemos, sin embargo de estas dificultades, haber re-

1 Por conducto de mi buen amigo el muy inteligente mineralogista D. Severo Navia, he tenido la satisfaccion de depositar en el Colegio del Estado, en la ciudad de Guanajuato, un ejemplar de este losero del Estado de Durango, el cual podrá servir para formar comparaciones.

2 *Geological Survey of California.—J. D. Whitney, State Geologist.—Geology.*—Vol. I. *Report of Progress and Synopsis of de Field Works. From* 1860 *to* 1864.—*Published by Authority of the Legislature of California.*—1865.—P. 251.

conocido claramente la existencia de dos épocas distintas de formacion, representadas por los restos de animales encontrados en los distritos auríferos. Las capas depositadas ántes de los grandes trastornos volcánicos, y por consiguiente debajo de la lava en toda la Sierra, incluyen una fauna peculiar, que referimos á la época pliocena. Presenta esta fauna alguna analogía con la de la misma edad de Niobrara y White Rivers, y la de sus inmediaciones, al Este de la Cadena Rocky-Mountain, en donde hay una inmensa profusion de restos de vertebrados encontrados por el Dr. Hayden y otros celosos exploradores; restos estudiados cuidadosamente por el Dr. Leidy.

"Entre los animales del plioceno de California, ó del grupo que ha precedido la época volcánica activa, reconocemos el rinoceronte, un animal ligado al hipopótamo, extinguidas especies de caballo, y especies ligadas al camello y semejándose al *megalomeryx* de Leidy: todas estas especies, según nuestros reconocimientos, son peculiares de los depósitos inmediatamente abajo de la lava, y como era de creerse no sobrevivieron á la gran catástrofe que sumergió las selvas en las que vivian y que anonadó las corrientes de agua que frecuentaban.

"Despues de cerrado este período de actividad volcánica, una nueva fauna aparecio sobre las vertientes y al pie de las colinas de la Sierra. Pertenece esta fauna á la época pospliocena, y pasa gradualmente á la actual ó reciente. De una manera prominente entre los animales de este tiempo, se encuentran el mastodonte y el elefante, cuyos restos aparecen en grandísima abundancia entre los detritus superficiales de la región aurífera; pero nunca, hasta donde nos hemos podido cerciorar, en los depósitos debajo de la lava. Asociados con estos proboscidios estaban el tapiro, el bisonte (búfalo) y el caballo, muy abundante y representado por dos especies, de las cuales una no se distingue del actual mustang ó caballo indo [*Proceedings of the Philadelphia Academy of Natural Sciences for the year* 1865].

"Al terminar esta digresion, conviene agregar que se han encontrado manufacturas humanas en los depósitos recientes de cascajos auríferos, en tan estrecha union con los huesos de los mastodontes y elefantes, que es muy difícil dejar de concluir que la raza humana existia ántes de la desaparicion de estos animales de una region tan continuadamente habitada por ellos."

De estos hechos observados en la Alta California, se deduce desde luego, que existen allá acarreos auríferos anteriores al último cataclismo basáltico, y que por su edad relativa pertenecen á las capas pliocenas, seguu el texto que he citado, y segun otros autores, no pertenecen sino al cuaternario.[1] Terminada la actividad volcánica, los acarreos superpuestos al basalto, indiscutiblemente corresponden al cuaternario.

¿Este cataclismo californiano corresponderá acaso al gran levantamiento mexicano, ó bien á la época que he llamado de las mesillas y peñones dispersos en las llanuras, y que no puede considerarse sino como un lejano eco de los imponentes fenómenos orogénicos debidos á las acciones basálticas? Estimo que esas emisiones de Alta California, posteriores á las rocas metamórficas auríferas y aun á muchas vetas, de donde los acarreos proceden, muy probablemente corresponden á nuestras expansiones basálticas de detalle. Estas ciertamente son posteriores á la formacion de nuestras vetas argentíferas más notables, segun he tenido ocasion de demostrarlo al referirme á Guanajuato, y fácil seria tambien presentar pruebas semejantes relativas á Zacatecas, Catorce, Ramos, etc.

Es de estimarse por tanto, que las vetas de las localidades citadas, son anteriores á las últimas capas pliocenas, ó por lo menos á las inferiores del cuaternario, y en consecuencia las hiladas cortadas por ellas, entre las cuales se encuentran las más elevadas de la Sierra de Guanajuato, son con mayor razon anteriores á esas edades.

El hábil paleontologista norteamericano Mr. E. D. Cope, ha clasificado las capas carboníferas de las cercanías de Zacualtipán en el Estado de Hidalgo, como pertenecientes al mioceno superior.[2] Años hace que ví esas capas apoyadas marcadamente sobre las rocas metamorfoseadas trasmutadas en pórfido, las cuales descansan á su vez sobre el cretáceo superior. Esas capas de pórfido, en consecuencia, análogas del todo por su colocacion y caracteres con las de Guanajuato, constituyen el asiento directo de las

1. *Lapparent, Traité de Géologie.—Deuxième édition.*—Paris, 1885, pág. 1229 y 1350.

2. *La Naturaleza, periódico científico de la Sociedad de Historia Natural.*—México, 1890, pág. 393, artículo traducido del *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. XXIII, 1886.

hiladas miocenas citadas. Dedúcese, por tanto, que dichas capas trasmutadas en pórfido, son anteriores al mioceno superior. Si por otra parte se recuerda que las emisiones basálticas se inauguraron en Europa en el oligoceno aquitaniano y su pleno desarrollo se realizó en el plióceno tanto en Europa como en Norte América, es de presumirse que el gran levantamiento mexicano se inició y adquirió cierto desarrollo, mientras en las regiones bajas se depositaba alguna ó algunas hiladas miocenas.

Estas apreciaciones de simple tanteo, conducen á sospechar que las capas guajuatenses superiores de la arenisca verde, pertenezcan á las hiladas inferiores del mioceno ó bien á las del oligoceno, y que por tanto la formacion de las vetas corresponda al mioceno mismo hácia su final ó bien al principio del plioceno. Esta conjetura nada tiene de estraordinario, supuesto que el llenamiento del célebre criadero filoniano auro-argentífero, *comotock lode*, de Nevada, tuvo lugar al final del mioceno, y el de las notables vetas, tambien auro-argentíferas, de Hungría y de Transilvania, se verificó al fin del mioceno y al inaugurarse el plioceno.[1]

Bajo el supuesto de que el principal levantamiento de emersion de las capas terciarias que hoy constituyen nuestras más elevadas cordilleras en el centro del país, se haya iniciado en el oligoceno ó en el mioceno, ese movimiento general de ascenso, lento y graduado probablemente, ha continuado durante todo el plioceno y hasta parte del cuaternario, segun lo ha demostrado el profesor D. Mariano Bárcena en los renglones trascritos en el capítulo que estoy adicionando.

Con este motivo recordaré que he presentado la opinion de que durante este levantamiento se interceptó definitivamente la comunicacion que por entre un archipiélago de rocas cretáceas emergidas en lo que hoy es el territorio mexicano, existía entre los mares Pacífico y Atlántico. Acontecimiento de semejante importancia, debió ejercer una marcada influencia sobre las condiciones meteorológicas de las superficies continentales de todo el globo.

Además, durante la realizacion de dicho levantamiento que abarcaba la mayor parte de la superficie territorial de la Repú-

1. *Lapparent, Traité de Géologie.—Deuxième édition.*—Paris, 1885, pág. 1372 y 1375.

blica Mexicana, me presumo que la temperatura ambiente local, en uno ó algunos períodos, debió elevarse de una manera notable en parte, por el calentamiento general de la corteza terrestre hasta su exterior, consiguiente á las exudaciones á través de su masa de una gran cantidad de vapores (que engendraron las acciones metamórficas sobre las capas terciarias), y principalmente por la influencia en la atmósfera de esos mismos vapores sobrecalentados quizá á bien elevada temperatura, engendrando con esto á la vez un ambiente demasiado húmedo. Bajo semejante régimen, las precipitaciones pluviales debieron ser de notoria importancia, y por consiguiente las erosiones tendrian que ejecutarse en la poderosa escala relativa. Por otra parte, al descender la temperatura con motivo del enfriamiento de las rocas y de la diminucion de los vapores, muy probablemente las precipitaciones copiosas tomaron la forma de nieve durante la reconocida baja de temperatura general en Europa y Estados Unidos, en uno de los períodos del cuaternario.

La accion directa de las lluvias y la del agua puestas en libertad por la fusion de las nieves, respectivamente durante los períodos geológicos citados, explican perfectamente el surcamiento en poderosa escala de las comarcas montañosas del país. He creído conveniente recalcar este hecho, del cual me he cerciorado en mis numerosos viajes, porque si se prescinde de los fenómenos de erosion y surcamiento de nuestras cordilleras, é imaginariamente suponemos llenos los huecos producidos por estas acciones, nos encontraríamos con que las profundas quebradas y fuertes ondulaciones frecuentes en nuestro país, desaparecerian en su mayor parte de las regiones alpinas, quedando simplemente á la vista un territorio provisto de prolongados caballetes montañosos, de suaves y largas pendientes hácia el lado de los valles.

El régimen hidrográfico es, pues, el que ha modificado poderosamente el aspecto de nuestras cordilleras, abriendo profundísimos circos, barrancas y quebradas en la parte elevada, y ámplias hondonadas en las regiones bajas. Las asperezas y desigualdades, se acentuaron, pues, en la parte alta; pero en justa compensacion se terraplenaron grandes superficies en las regiones inferiores, gracias á lo cual, partiendo de la base de las mismas cordilleras, se extienden anchos y dilatados valles.

La célebre Sierra Madre, interpuesta entre la ciudad de Durango y el Pacífico, cuyas cimas se elevan á casi 3.000 metros de altura absoluta, fué originada por el gran levantamiento basáltico mexicano, localmente acentuado, siguiendo una direccion del Sudeste al Noroeste, muy comun en los grandes accidentes de nuestro territorio. El constante declive sobre 100 kilómetros más ó ménos, con una pendiente estimativa de dos ó tres grados, ha producido en la comarca una serie de valles de erosion, de 1000 á 1,500 y aun 2,000 metros de profundidad, que revelan con imponente majestad, cuál ha sido en nuestro país la accion corrosiva de las aguas, aun tratándose de rocas duras y resistentes.

Grandes comarcas, más ó ménos vecinas, se encuentran aisladas unas de otras en estas quebradísimas regiones, no obstante su corta distancia horizontal con motivo de los profundos barrancos que las separan, muchos de los cuales son inaccesibles hasta para los pedestres.

Estas quebradas hacen innaccesibles las líneas rectas que unen los Partidos de Sombrerete, Nieves (del Estado de Zacatecas) y Colotlán (del Estado de Jalisco) por una parte, y por la otra los Partidos de San Dimas y de Tamazula (en el Estado de Durango). Las profundísimas cañadas de los Partidos del Mezquital, Durango al Oeste y San Dimas (en el Estado de Durango), son obstáculos insuperables para ejecutar estas travesías; por consiguiente no puede existir comercio entre estas regiones, sin embargo de encontrarse próximas en apariencia. Por estas mismas circunstancias el camino más practicable entre la ciudad de Zacatecas y el puerto de Mazatlán (en el Estado de Sinaloa) es pasando por la ciudad de Durango en la cual se forma, siguiendo este trayecto, el vértice de casi una escuadra.

Esas grandes quebradas obligarán más ó ménos tarde á que el ferrocarril que enlace la ciudad de México con los Estados de Sinaloa y Sonora, siga el terreno poco accidentado de la Costa del Pacífico.

En estos grandes surcamientos todas las capas terciarias, quizá desde alguna del mioceno hasta la base del eoceno, y despues un espesor considerable del cretáceo, han quedado á descubierto sobre grandes superficies montañosas de la República.

En las comarcas cretáceas desprovistas de capas terciarias, co-

mo en las cercanías del Saltillo y de Monterrey, los mismos poderosos fenómenos de desgarramiento del terreno debido á las erosiones, no son ménos notables. Las cañadas de San Pablo y de Santa Juliana en la serranía situada al Sur de la poblacion ya citada de Santa Catarina, ofrecen ejemplos marcados y elocuentes de estas acciones. Al Sur de la hacienda de Carbajal en estas mismas comarcas, en la cordillera que da vista para la llanura, se encuentra un magnífico circo enteramente cerrado y del todo inaccesible para el ascenso ó para el descenso, rematando en sus elevadas cumbres en cortadas escarpaduras en forma de anfiteatro. El viajero que desde las solitarias cejas culminantes constituidas por una especie de meseta de caliza cavernosa, contempla con asombro este circo y desea descender para examinar de abajo hácia arriba semejante accidente notable, se encuentra precisado á recorrer algunas leguas para llenar su objeto.

La misma Veta Madre de Guanajuato, al atravesar, entre otras, las Cañadas de Esperanza, Jolula, Rayas y Marisánchez, un poco abajo de San Bruno, ha sufrido el ataque en escala no pequeña consiguiente á las erosiones bien aparentes, sobre todo en la Cañada de Rayas, cruzada por la Veta, muy potente en estos sitios, casi perpendicularmente á la direccion del arroyamiento. Los compuestos metalíferos de este célebre criadero, no sufrieron alteracion notable en su composicion química á consecuencia de estas acciones producidas por el agua, lo cual es otra prueba de que la veta se encontraba enteramente constituida, y por consiguiente bien llena cuando se realizaron las grandes erosiones locales.

---

## ADICIONES AL CAPITULO III.

He recalcado el hecho de que en Guanajuato las acciones basálticas de detalle, durante el gran episodio del levantamiento territorial de la República, han engendrado los criaderos argentíferos de esa localidad, y extendí mis apreciaciones á varios distritos mineros que he tenido ocasion de visitar, en los cuales aparece clara tambien esa misma relacion de enlace. Fundado en es-

tas circunstancias, emití la hipótesis de que la mayor parte de las vetas radicadas en los distritos argentíferos mexicanos, pertenezcan en su formacion al mismo período basáltico. Para corroborar mi supuesto, podria citar varios distritos mineros de los Estados de Guanajuato, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Guerrero, Aguascalientes, Durango, Sinaloa, Coahuila y Nuevo Leon.

En este último Estado, las acciones basálticas son poco perceptibles á primera vista, y desde luego los criaderos metalíferos, generalmente plomosos, tienen corta ley de plata y casi ninguna de oro. Es tambien muy notable que en la áspera cordillera cretácea, llamada Sierra de Urbano, entre el Saltillo y Monterrey, las fracturas preliminares del terreno, para engendrar las comisuras de las vetas, quedaran bien demarcadas, apareciendo el accidente en unos casos reducido á su último límite en espesor, bajo la forma de un simple reliz ó plano de resbalamiento y dislocación, y en otros bajo la forma de una comisura informe y hundida, que no obstante seguir su trayecto en direccion como las vetas, quedó el criadero diseñado como en simple proyecto, pero sin el llenamiento de los materiales filoniano. Podríanse considerar estas persistentes comisuras como simples *fallas* totalmente estériles, si no tuvieran algunos cortos trayectos provistos de minerales plomosos. ¿La poca energia basáltica, trascendiendo hasta los fenómenos de detalle, habrá sido la causa de que estos criaderos se encuentren reducidos á proporciones insignificantes, relativamente al extenso campo de fractura preparado para su formacion en amplia escala?

Inversamente; cuando las acciones basálticas aparecen francas y desigualmente distribuidas en la superficie del terreno, los criaderos argentíferos toman decidida importancia: Guanajuato, Zacatecas, Pachuca, Real del Monte, Catorce, Ramos, Cerro de San Pedro del Potosí, Sombrerete, Fresnillo, Mazapil, etc., presentan pruebas claras de mi aserción.

No carecen de importancia para Guanajuato las observaciones de Mr. J. Arthur Phillips, [1] relativas á la presencia del oro en las vetas. Hace observar, en efecto, que el precioso metal se encuen-

1 The Mining and Metallurgy of Gold and Silver.—London.—1867, p. 10 nota.

tra en Alta California, incluido en los cristales de pirita cúbica, los cuales habiendo desaparecido en las regiones superficiales de las vetas por acciones químicas disolventes, posteriores al depósito de la pirita, el oro quedó como un residuo, en partículas metálicas finísimas, é indica una experiencia para poner de manifiesto el oro existente en los minerales de las regiones inferiores de las vetas, colocando un ejemplar, por algunas horas, en un sitio caliente, en contacto con ácido nítrico, que ataca la pirita y deja el oro filiforme ó dividido en polvo fino dentro de las cavidades que resultan.

Respecto de las épocas de depósito del oro, hace notar que se encuentra este precioso metal en cortas cantidades, aun entre las materias que se precipitan de las actuales fuentes termales en Steamboats, cerca de Virginia, en el Estado de Nevada, en Estados Unidos. De aquí deduce la siguiente consecuencia: "Estos hechos tienden á conducirnos á la conclusion, no solamente de que las vetas auríferas, bajo ciertas condiciones, han sido depositadas por las soluciones silizosas, sino tambien á la conclusion relativa á explicar la accion ejercida sobre muchas de las pizarras del período aurífero, que han venido á quedar metamorfoseadas é impregnadas de sílice."

Agrega tambien una importante observacion del Dr. Oxland, Jefe superior que fué de las fábricas pertenecientes á una Compañía explotadora de bórax [*Borax Lake Company*, *Lake County*, California] y es la siguiente: Las corrientes gaseosas de los *soffioni* de suave soplo [en Sulphur Bank, en Borax Lake] que surgen á una temperatura de 35 grados centígrados, conducen al exterior azufre, oro, plata, mercurio y fierro, y lo depositan en cavidades cerca de la superficie. Separando la pirita del azufre por medio del bisulfuro de carbon, y de la sílice por el lavado con agua simple, se encuentra dicha pirita asociada con plata y con vestigios de oro.

Con motivo de tan interesante observacion, recordaré que á las piritas depositadas por las aguas termales de Aguas Buenas y de Comanjilla, les he encontrado vestigios de plata.

Diversas observaciones que he tenido lugar de efectuar sobre grandes extensiones de terreno, despues de escrito el Capítulo III, han hecho modificar mis apreciaciones de tanteo referentes

á la edad relativa de los criaderos estanníferos. Indiqué en ese Capítulo, que el estaño, bajo la forma de cassiterita, parecía de formacion anterior á las vetas argentíferas de Guanajuato; sin embargo, ni en la Sierra de este Distrito minero, ni en terrenos de la Hacienda de San Pedro Almoloyam [del Municipio de San Felipe, Estado de Guanajuato] en donde se explota el estaño con constancia, aunque no en grande escala, ni en la Hacienda de Santiago [Municipio de Arriaga, en el Estado de San Luis Potosí] notable en algun tiempo por la cantidad de estaño que produjeron las minas de Rincon Grande, he podido encontrar caracteres de regularidad y desarrollado trayecto en los criaderos en cuestion. En éstos y en otros varios sitios, aparece la cassiterita aislada unas veces, é invisible en otras, por encontrarse asociada con el oligista que domina, en vetillas y ramaleos inconstantes en direccion, muy limitados en anchura y de un trayecto corto que pocas veces se uniforma en buenos caracteres más de 15 ó 20 metros.

En vista de estas circunstancias, no puedo referir estos criaderos, sino á un período posterior á las vetas argentíferas, cuando quizá las últimas acciones basálticas de detalle no tuvieron ya la energía suficiente para agrietar el terreno de una manera prolongada y franca. La inconstancia de estos criaderos se revela de una manera práctica incontestable, al reconocer el hecho, de que sin embargo de que la cassiterita aparece con mucha frecuencia en muy numerosas vetillas cortando las capas terciarias en extensas regiones, en las que estas capas se encuentran trasmutadas en pórfido; no obstante, su explotacion en grande escala no ha podido sistemarse de muchos años atras en ninguna localidad estannífera de las no poco numerosas que existen en nuestro país.

---

## ANEXO AL CAPITULO IV.

Las minas colindantes de Mellado y Rayas, radicadas sobre la Veta Madre de Guanajuato, de largos años atras se encontraban asociadas para el desagüe, por motivos de conveniencia fáciles de advertir. Careciendo la primera de un tiro profundo adecuado

para el objeto, pagaba una cierta cantidad á la segunda como importe de su desagüe: Rayas, por su parte, repetidas veces en el curso de varios años, ya por medio de malacates comunes, ó ya con el auxilio de un antiguo malacate de vapor, emprendió la extracción del agua sin conseguir dominarla de una manera decidida; resultando como consecuencia, que ni una ni otra mina pudieran pasar en sus labores de cierto nivel, correspondiente á regiones agotadas por una explotacion persistente, pudiera decirse de siglos. Pendiente siempre de resolucion el interesante problema, las respectivas compañías aviadoras de estas minas, como resolucion definitiva, estimaron por conveniente asociarse y á la vez invitar nuevos socios refaccionarios, para constituir una nueva sociedad que se hiciera cargo del desagüe y del trabajo de ambas minas reunidas, pero con la respectiva separacion de cuentas, por tratarse de diversos aviadores que las representaban y de diversos dueños propietarios de los fundos metálicos. El problema era, pues, no poco complexo y se necesitaban armonizar diversos intereses escalonados y totalmente independientes los de la una con los de la otra empresa minera, á fin de constituir una nueva sociedad, que ofreciera á la vez aliciente para el ingreso de otros socios.

Las bases que siguen á continuacion, de dicha nueva sociedad, realizaron el objeto mediante las felices combinaciones desarrolladas en ellas, á iniciativa del respetable Ingeniero D. Francisco Glennie.

Casos de esta naturaleza, ciertamente no raros en este país, ofrecen, en mi concepto, ejemplos prácticos de reconocida importancia, adaptables en su plan general, con más ó ménos modificaciones, á las empresas mineras colindantes que suelen encontrarse obligadas á asociarse y á buscar un avío comun, conservando, sin embargo, cada una su individualidad propia, y por consiguiente, la respectiva separacion de intereses.

---

## Acta de organizacion de la Sociedad Minera guanajuatense, denominada "La Concordia."

El que suscribe, apoderado del Sr. D. Miguel Rul y encargado de sus negociaciones mineras en esta capital, hace saber á los dueños de acciones aviadas por este señor, de las minas de Mellado, Fraustos y anexas, que como dueño y aviador de estos fundos ha celebrado un contrato de sociedad denominada "La Concordia" con los aviadores de la mina de Rayas y anexas; en virtud del cual tiene actualmente la mencionada sociedad los derechos y obligaciones que corresponden al Sr. Rul, como aviador de las referidas acciones y conforme á los respectivos contratos. Lo que participo á los señores aviados para que, si lo tienen á bien, se entiendan con el Director de la Concordia en todo lo concerniente á sus acciones, bajo el concepto de que la Direccion está por ahora á cargo del infrascrito y que las bases de dicha Sociedad son las siguientes:

1ª Los aviadores de las minas de Mellado y Rayas, relacionados al principio, han deliberado reunir en un solo avío, todos los que segun sus respectivos contratos representan, y al efecto forman y establecen una Sociedad que se denominará "La Concordia," la que tendrá su domicilio en la Ciudad de Guanajuato.

2ª Esta Sosiedad asume para lo futuro todos los derechos y obligaciones contenidos en los diversos pactos de avío de que se acaba de hablar.

Las acciones comunes que no están aviadas, se considerarán como aviadoras, de ellas mismas, y con esta calidad figuran en la Sociedad de la Concordia, sin perjuicio de los derechos que les correspondan como á todas las aviadas.

3ª Son materia de la Sociedad de la Concordia, no sólo las minas de Mellado y Rayas, sino todas sus anexidades y dependencias, incluyendo las aguas, arroyos y todo lo que bajo cualquier título pertenezca á esas negociaciones. Lo serán tambien las pertenencias, demasías y todo lo que para ellas se adquiera, teniendo cuidado de expresar á cuál de ambos fundos pertenezcan las nue-

vas adquisiciones, para que se tengan presentes al disolver esta asociacion.

4ª La entrega de las negociaciones expresadas á la Concordia, se verificará por los actuales representantes de ellas, tan luego como se considere formada la Sociedad, segun se dirá más adelante. Para hacer aquella, se formarán inventarios en los que sólo figurarán valorizados los efectos y herramientas, pues si bien los edificios, oficinas, maquinaria con sus anexos y todos los demás objetos, pasan á ser de la Sociedad, no representarán valor alguno en el inventario de fusion. La diferencia que resulte entre los dos inventarios se igualará con dinero efectivo por el que represente ménos valor.

5ª La Concordia se divide en quinientas acciones, de las cuales doscientas cincuenta serán capitalistas ó coaviadoras, y doscientas cincuenta aviadoras. Las primeras se colocarán entre las personas que las soliciten, y hasta que no estén todas colocadas, no tendrá su verificativo este contrato. Las segundas se distribuirán entre los aviadores en proporcion de ciento treinta y cinco para los de Mellado y ciento quince para los de Rayas.

6ª Las acciones capitalistas ó coaviadoras se adquirirán mediante la entrega de cien pesos en dinero efectivo, y setecientos en treinta y cinco pagarés de veinte pesos, que se vencerán, el primero, al mes de la fecha, el segundo á los dos meses, y en este órden los demas, hasta cubrir el último á los treinta y cinco meses. El pago se hará en Guanajuato, y con moneda de plata ú oro del cuño mexicano.

La entrega del dinero en efectivo y de los pagarés, se hará precisamente al tiempo de inscribirse los accionistas en el registro que queda abierto en la casa núm. 7 de la Plaza Mayor y que estará á cargo de los Señores Stallforth, Alcázar y Cª, quienes darán á los accionistas un recibo provisional amortizable con los bonos de que más adelante se hablará.

Si alguno ó algunos de los pagarés, no fueren satisfechos á su vencimiento, perderá su derecho á los frutos metálicos en los términos que expresa la cláusula siguiente, sin perjuicio de que la Direccion de la Concordia haga efectivos esos pagarés por los medios que las leyes establecen y declare desierta la accion ó fraccion que quedare insoluta.

Tanto los bonos de las acciones coaviadoras como los de las acciones aviadoras, se entregarán á medida que se vayan cubriendo los pagarés á que se refiere esta cláusula.

7ª Como el capital social se va á formar principalmente con los doscientos mil pesos importe de las doscientas cincuenta acciones coaviadoras, en el caso de que esta suma llegare á consumirse y hubiere faltantes, éstos se cubrirán por los tenedores de aquellas, en la proporcion que les corresponda. La cuota que tengan que pagar se fijará por la Dirección.

El socio que no contribuya oportunamente con la parte de faltantes que le corresponda, perderá por este simple hecho, los frutos que durante su moratoria deberia percibir, conforme á la cláusula 9ª, fraccion I. Estos frutos acrecerán á los demas accionistas coaviadores sin que el moroso tenga derecho á que se le entreguen aunque pague las exhibiciones atrasadas. Si pasado un mes desde que debió hacer el entero, no lo satisface, perderá su accion, para lo cual bastará que la Direccion la declare desierta conforme á la facultad que se le concede en la fraccion VIII de la cláusula 12. Al efecto, todos los accionistas coaviadores renuncian expresamente los artículos 168 al 171 del Código de Minería, y el socio cuya accion ó acciones se declaren desiertas, no conservará más derecho que el que le concede el artículo 172 del mismo Código para reembolsarse de lo que hubiere exhibido.

8ª Las acciones de la Concordia se extenderán en una hoja de papel y se dividirán en cupones de décimo de accion fácilmente separables para que sirvan de bonos al portador y puedan utilizarse en todo género de combinaciones mercantiles. Corresponderán en consecuencia, dos mil quinientos bonos á las acciones coaviadoras, las cuales se extenderán en papel verde y estarán marcadas con la letra A. Corresponderán á las acciones aviadoras, otros dos mil quinientos bonos que se extenderán en papel rojo y estarán marcados con la letra B. Las letras C y D, así como el color blanco se reservarán á los dueños de los fundos por si les conviniere convertir tambien sus acciones en bonos al portador, fácilmente trasmisibles.

Los bonos de la Concordia irán firmados por el Director de la Compañía y por los miembros del Consejo de Administracion é Inspección á que se refiere la cláusula 13, debiendo ser su forma

clase y tamaño, la que estos señores acuerden. Tendrán además cada uno el número ordinal que le corresponda. Al anverso contendrán la siguiente inscripcion:

LA CONCORDIA.

*Negociacion aviadora de las minas de Mellado, Rayas y anexas.*

*Bono al portador por décimo de accion coaviadora, ó aviadora.*

*Fecha de su emision.*

Al reverso, las cláusulas de esta escritura.

9ª Los tenedores de bonos de la Concordia tendrán los siguientes derechos.

I. Recibir los frutos que produzcan las minas, conforme á lo que expresa la cláusula 12, fraccion IV.

II. Acercarse á la Direccion y examinar por sí mismos las cuentas, libros y documentos de la Concordía.

III. Pedir que se les mande un extracto de la memoria.

IV. Nombrar á los miembros del Consejo de Administracion é Inspeccion, segun la cláusula 17, fraccion III.

V. Asistir á las juntas generales, tomando parte en sus deliberaciones y emitiendo su voto conforme á la cláusula 16.

VI. Pedir al Consejo de Administracion é Inspeccion que convoque á junta general de accionistas cuando para ello estén de acuerdo los tenedores de una cuarta parte de los bonos.

VII. Percibir los sobrantes que les correspondan con arreglo á la cláusula 12, fraccion VI.

VIII. Percibir en caso de disolución de la Sociedad, la parte de valores que les toque en la liquidacion, conforme á la cláusula 20.

IX. Nombrar los representantes de que trata la cláusula 20.

10ª Los derechos de que se acaba de hablar, sólo podrán ejercitarse en esta ciudad, y para ello los tenedores de bonos deberán exhibirlos á la Direccion, ésta tomará nota de los que se presenten y del domicilio de los portadores.

Entretanto no se presenten otras personas exhibiendo los mis-

mos bonos y ejercitando los derechos que á ellos corresponden, todas las operaciones que la Dirección haya practicado con las primeras que las presentaron, aunque las hayan enajenado, serán perfectamente válidas, y no podrán ser reclamadas por los nuevos adquirentes.

11ª Por razones de órden y economía la Dirección y Administración de las minas de Mellado, Rayas y anexas, serán una sola, y durante los cuatro primeros años estará á cargo de la persona que nombren el ó los aviadores de Mellado, pero al espirar ese período ó ántes por renuncia que aquellos hagan de este derecho, el Gerente ó Director de la Concordia será electo por mayoría de votos en junta general de accionistas.

12ª El Director de la Concordia será retribuido con la cantidad de cien pesos semanarios y sus atribuciones serán las siguientes:

I. Atender debidamente al mejor giro y explotacion de las negociaciones de la Concordia, procurando en todo la mayor economía, utilidad y engrandecimiento de la Sociedad, fijándose como puntos principales, los objetos siguientes:

A. La compra é instalación de nuevas máquinas, para que el desagüe de las minas sea verdaderamente eficaz.

B. Las obras exteriores que sean necesarias para impedir las filtraciones.

C. La actividad del desagüe que se establezca.

D. Las obras de disfrute y explotacion que juzgue convenientes.

II. Representar en juicio y fuera de él á la Concordia, asumiendo su personalidad, sin más restricciones que las que expresa el artículo 2287 del Código Civil del Distrito Federal mandado observar por el de Minería; pues para que pueda ejecutar los actos que expresan las fracciones 1ª, 2ª y 3ª de ese artículo, se requiere el acuerdo por escrito del Consejo de Administracion é Inspeccion. La Dirección queda autorizada para abrir cuenta corriente con intereses, dando en garantía los pagarés de que trata la cláusula 6ª Los intereses serán por cuenta exclusiva de los accionistas coaviadores en todos los casos en que la Direccion tenga que arbitrarse fondos.

III. Hacer que se lleven los libros correspondientes de la Con-

cordia, mandando abrir cuentas separadas á las negociaciones de Mellado y Rayas, distribuyendo entre ambas los gastos generales ó comunes con toda equidad y en proporcion al número de operarios que cada una ocupe en sus obras de disfrute, de especulacion y de seguridad, y cargándoles los gastos particulares que les correspondan, á fin de practicar en justicia las liquidaciones respectivas entre los accionistas de la Concordia y los dueños de los fundos.

Se considerarán gastos generales entre otros, los que se hagan en compras, fletes, instalacion de maquinaria, sostenimiento de desagüe, obras que impidan las filtraciones, ó que tengan por objeto componer ó modificar en cualquier sentido el terreno exterior ó los edificios y oficinas que pertenezcan á la Compañía.

Como sólo las acciones coaviadoras contribuyen para los gastos, se les llevará una cuenta particular en que se hagan constar todas las operaciones que afecten á los capitales ó intereses que provengan del coavío.

IV. Distribuir proporcionalmente entre las quinientas acciones de la Concordia todos los frutos metálicos que produzcan las minas de Mellado, Rayas y sus anexas, sujetándose, para los que tengan una ley de plata que no baje de dos marcos y medio por monton de treinta y dos quintales, á las siguientes bases:

A. De la ley de plata ó marcos contenidos en el monton se deducirán dos marcos cincuenta centavos, que quedarán por via de maquila á favor del que reciba la carga, debiendo entregar éste á la negociacion el excedente.

B. La entrega se hará valorizando el marco de plata á razon de setenta y cinco centavos por carga de catorce arrobas.

C. El oro se estimará á un peso veinticinco centavos el ciento de granos, una vez deducidos diez granos por apartado; y si la ley es de un cinco por ciento, con relación á la de plata, se deducirá tambien de ésta su equivalente.

D. El contenido ó ley de plata y oro se determinará por medio de los ensayos de copela que hoy se acostumbran.

E. El flete que causen los frutos minerales de que viene hablando, será en todo caso de cuenta del accionista que los reciba.

Los demás frutos, cuya ley sea menor de dos marcos y medio por montos, se repartirán entre los accionistas segun la tarifa que

periódicamente se formará por el Director y el Consejo de Administracion é Inspección.

V. Pasar semanariamente al Consejo de Administracion é Inspeccion las memorias de los gastos generales y particulares que se eroguen en cada mina, de los frutos metálicos que se extraigan y su reparto, así como de los rendimientos que produzcan. Pasarle asimismo las liquidaciones de las cuentas de que trata la fracción III, las cuales se practicarán cada tres meses. Remitirá los expedientes de las memorias que puedan pedir los socios, conforme á la fraccion III de la cláusula 9ª, cada vez que hagan uso de este derecho.

Sólo dentro de dos meses contados desde la fecha en que se entreguen las memorias ó liquidaciones al Consejo, pueden ser reclamados los actos de la Administracion á que esas cuentas se refieren; pasado este término, queda la Dirección sin responsabilidad futura y aquellos subsistentes.

VI. Distribuir cada tres meses los sobrantes cuando los hubiere, entre los accionistas de la Concordia y los actuales dueños ó aviadores de los fundos para lo cual se tendrán presentes los diversos pactos de avío y las bases siguientes:

A. Con los rendimientos líquidos que tenga la negociacion de Mellado ó la negociacion de Rayas al formar la liquidacion trimestral, se pagará en primer lugar el capital que esté debiendo á la Concordia, la mina de cuya liquidacion se trate.

B. Cubierto dicho capital, el sobrante de los rendimientos se dividirá en dos partes iguales para aplicar una de ellas á los dueños de la negociacion de que se trate y la otra á la Sociedad de la Concordia.

C. La parte de los sobrantes aplicable á los dueños ó actuales aviadores del fundo se entregará á quienes corresponda, segun las estipulaciones que al efecto tuvieren celebradas.

D. La Concordia hará tambien cada tres meses liquidacion, y sus sobrantes los repartirá entre las quinientas acciones, despues de formar un fondo de reserva de veinticinco mil pesos y de pagar á las acciones coaviadoras lo que hasta entónces hubieren exhibido. Los repartos que se hagan se publicarán en el *Periódico Oficial* del Estado

VII. Fijar cuando se haya consumido el capital social y ántes

de que se extinga el fondo de reserva, la cantidad con que ha de contribuir cada accion coaviadora para cubrir los faltantes que hubiere, señalando el dia en que se debe enterar. Al efecto se publicará en el *Periódico Oficial* del Estado el aviso correspondiente.

VIII. Declarar desiertos los bonos coaviadores cuando los tenedores de ellos no enteren las cantidades con que deben contribuir para cubrir los faltantes, despues de trascurrido un mes contado desde el dia en que debieron hacerlo. Declarar asimismo desiertas las fracciones de acciones coaviadoras que no se hayan puesto en circulación por no haberse satisfecho los pagarés conforme á lo que se estipula en la cláusula 6ª

La desercion se publicará en el *Periódico Oficial* del Estado, y se citará dia para poner en remate público las acciones ó bonos declarados desiertos á fin de adjudicarlos al mejor postor. Si no hubiere postor se reservarán en la Sociedad para los efectos de la cláusula 18ª, sin perjuicio de ponerlos en almoneda pública cada tres meses. Entretanto las exhibiciones correspondientes á éstos serán cubiertas por los demas socios coaviadores.

IX. Consultar al Consejo de Administracion é Inspeccion en todos los casos que estime conveniente.

X. Convocar á junta general de accionistas cuando, á su juicio, haya algun negocio que por su gravedad deba poner en el conocimiento de aquella.

XI. Dar poderes para que la Sociedad sea representada en todos sus negocios.

XII. Nombrar sustituto que desempeñe la Direccion en los casos de enfermedad, ausencia ú otro impedimento.

XIII. Nombrar á todos los empleados y dependientes de las negociaciones, con los sueldos que estime prudentes, pudiendo removerlos cuando le parezca.

XIV. Expedir los reglamentos que juzgue convenientes para el mejor desempeño de estas atribuciones.

XV. En general, cumplir y hacer cumplir estrictamente todas y cada una de las cláusulas de este contrato.

13ª Habrá un Consejo de Administracion é Inspeccion compuesto de cinco miembros que se elegirán en junta general de accionistas, siendo requisito indispensable para ser electo y desempeñar este cargo, ser dueño de cien bonos por lo ménos, los que

se depositarán en la tesorería de la Administracion. Los miembros del Consejo no disfrutarán retribucion y durarán en su cargo cuatro años, pudiendo ser reelectos.

14ª Son atribuciones del Consejo de Administración é Inspeccion las siguientes:

I. Resolver las consultas del Director de la Concordia en todos los asuntos administrativos que someta á su parecer.

II. Recibir, revisar, observar y aprobar las memorias semanarias, las liquidaciones y demas cuentas que debe entregarle la Direccion.

III. Ver los libros de la Concordia y pedir á la Dirección todos los datos que estime convenientes.

IV. Convocar é junta general de accionistas cuando á su juicio haya algun asunto grave con que darle cuenta, ó cuando los tenedores de bonos hagan uso del derecho concedido en la fracción VI, cláusula 9ª

V. Cuidar de la estricta observancia de este contrato, á cuyo fin se entenderá con el Director ó hará uso de la atribución anterior.

VI. Expedir su reglamento interior.

VII. Proponer en la primera junta general el reglamento á que ésta debe sujetarse.

15ª Habrá junta general de accionistas siempre que se haya de nombrar Director ó miembros del Consejo de Administracion é Inspeccion, y siempre que fuere convocada por el Director ó el Consejo en uso de las facultades que respectivamente les concede la fracción X de la cláusula 12ª y la fraccion IV de la 14ª

Las convocatorias se harán por el *Periódico Oficial* del Estado con treinta dias de anticipacion. Para que se verifique la junta deberá concurrir la mayoría de accionistas.

16ª Para tener voz y voto en las juntas generales, bastará ser tenedor de un bono, y la mayoría de votos decidirá en las deliberaciones de aquellas, pero si una sola persona fuere dueña de la mitad ó más de las acciones, su voto valdrá por uno ménos de la mitad, segun lo prescribe el art. 164 del Código de Minería.

17ª Las juntas generales de accionistas serán presididas por el Presidente del Consejo, ó por quien deba suplirlo conforme á su reglamento, y tendrán las atribuciones siguientes:

I. Nombrar el Director pasados los cuatro años de que trata la cláusula 11; pues ántes de este tiempo corresponde este derecho al aviador ó aviadores de Mellado.

II. Remover al director cuando lo estime conveniente.

III. Elegir los miembros que han de formar el Consejo de Administracion é Inspección.

IV. Deliberar sobre todos los negocios con que les dé cuenta el Director ó el Consejo, acordando lo que más convenga á los intereses de la Sociedad.

V. Aprobar el Reglamento interior que le proponga el Consejo, á reserva de modificarlo, ó adoptar otro que forme la Comisión de su seno que al efecto nombren.

18ª La Sociedad de la Concordia durará indefinidamente; pero se pondrá en liquidacion y se disolverá cuando concurran los requisitos siguientes:

I. Que se hayan consumido los doscientos mil pesos de las acciones coaviadoras y el fondo de reserva, si se llegare á formar.

II. Que se hayan declarado desiertas una cuarta parte de las acciones coaviadoras y no haya habido quien las compre.

III. Que las demas acciones coaviadoras no quieran refaccionar ó por lo ménos cubrir los faltantes.

La disolucion de la Sociedad se acordará en junta general de accionistas; pero si convocada ésta por tres veces para tratar del asunto, por haber llegado el caso previsto en esta cláusula, no se reuniere, el Director unido á los miembros del Consejo y á los accionistas que concurran, declarará la disolución, procediéndose á nombrar los representantes de que luego se hablará, para los efectos de las cláusulas siguientes.

19ª Acordada la disolucion, los socios coaviadores entregarán las minas con sus respectivos inventarios, á los tenedores de bonos aviadores, quienes, reconocerán á aquellos la deuda del coavío en los términos que expresa el art. 177 del Código de Minería.

Si los tenedores de bonos aviadores no quieren recibir las minas, se entregarán éstas con los inventarios á los actuales aviadores ó dueños de ellas, quienes reconocerán la deuda del coavío, conforme al artículo citado, y las deudas anteriores que no estuvieren pagadas, con arreglo á los respectivos contratos.

20ª Si llegare el caso de la disolucion de la Sociedad, nombra-

rán un representante los tenedores de bonos coaviadores, otro los tenedores de bonos aviadores y otro los actuales aviadores ó dueños de los fundos, á fin de que practiquen la liquidacion de la Sociedad, extiendan los documentos que convengan para el reconocimiento de las respectivas deudas, las cobren cuando llegue el caso, y repartan las cantidades que percibieren entre sus representados.

La disolucion de la Sociedad, el resultado de su liquidacion, así como los repartos que se hicieren de lo que se cobre de las deudas de coavío y avío, se publicarán en el *Periódico Oficial* del Estado.

21ª Las reclamaciones que tiene pendientes Rayas contra la mina de "El Promontorio," no son materia de este contrato, ni pertenecen por lo mismo á la Compañía; la que puede en lo futuro reclamar á su vez, ó hacer con aquella mina ó con cualquiera otra, todo género de arreglo, á fin de evitar que sus aguas perjudiquen ó hagan más gravoso el desagüe que se va á establecer, bien entendido, que esos arreglos nunca han de perjudicar de modo alguno los derechos que hoy tiene Rayas ó los que competen á sus dueños.

22ª Aunque, en concepto de los otorgantes, se han llenado en esta escritura todos los requisitos que para su validez exigen los Códigos de Minería y Civil del Distrito Federal citado en ella, así como el de Comercio en lo relativo á Sociedades anónimas, en uso de la facultad concedida á las Sociedades mineras en el art. 174 del primero de los Códigos citados, declaran ser su voluntad que todas las estipulaciones contenidas en las cláusulas anteriores se observen de preferencia á las reglas y disposiciones que los repetidos Códigos establecen, y sólo se apliquen en los casos no previstos por aquellas.

23ª Los contratantes que segun éstas se expresarán despues, tienen además del de aviadores el carácter de dueños de las minas ó representantes de ellos, estando conformes con todas las ideas expresadas en las cláusulas de esta asociacion, aceptan la que contiene la cláusula 8ª para convertir sus representaciones en bonos al portador, los cuales en forma análoga á los de "La Concordia," serán expedidos por el Director de ésta y su Consejo de Administracion é Inspeccion. Los demas dueños ó representan-

tes de ellos que igualmente estuvieron conformes, lo expresarán así á los márgenes de esta escritura.

Guanajuato, 8 de Febrero de 1887.

FRANCISCO GLENNIE.

---

## ANEXO AL CAPITULO VI.

---

### Empleo de los ensayes de pella y de residuos para determinar los adelantos y fin de la amalgamacion de la plata en el beneficio de patio.

---

*MEMORIA leida ante la Sociedad "Humboldt," de la ciudad de México, por el socio D. Manuel M. Contreras, Ingeniero de Minas, en* 1872.

Habiéndome ocupado algunos años en la práctica del beneficio de los minerales de plata por el método de amalgamacion por patio, por cuyo procedimiento mostró tanto interes, como por los demas elementos de riqueza pública de nuestro país, el ilustre viajero el Baron de Humboldt, en cuyo honor se ha formado esta Sociedad, vengo á presentar este imperfecto trabajo, animado de la esperanza que pueda ser de alguna utilidad práctica.

Es bien sabido que la mayor parte de la plata y oro que producen nuestras minas, son extraidos por el procedimiento metalúrgico de *amalgamacion por patio*, método enteramente mexicano, descubierto en 1557 por Bartolomé de Medina, en el Mineral de Pachuca. De cosa de 20 millones de pesos que anualmente producen las minas que se explotan en la República, más de 15 millones de pesos son extraídos por este procedimiento; y si se reflexiona sobre el elemento de trabajo y de riqueza que este valor representa, se comprenderá que cualquiera perfeccionamiento que en su práctica se introduzca, por pequeño que en sí sea, deberá ser de importancia en sus resultados.

Voy á ocupar la atencion de la Sociedad describiendo *los ensayes de pella* de las tortas en beneficio, como el mejor medio que puede emplearse para conocer la marcha de las reacciones, el adelanto diario de la amalgamacion y el fin del beneficio de patio. Este procedimiento, poco usado y mal conocido, he tenido ocasion de perfeccionarlo, y habiéndolo empleado por más de ocho años con el mejor éxito, comprobando su utilidad en multitud de casos, he adquirido la conviccion de que la generalizacion de su uso debe ser una mejora de importancia en un procedimiento que, lo repito, sirve para extraer más de las tres cuartas partes de la plata que producen nuestras minas. Además, describiré el método de *ensayes de residuos*, tambien poco conocido, que puede usarse como comprobacion del de los *ensayes de pella*, concluyendo con una comparacion de los dos procedimientos.

Las reacciones que en el beneficio de patio producen la separacion de la plata de sus combinaciones para que se amalgame, se manifiestan en las tentaduras que se sacan de las tortas de los minerales molidos que se están beneficiando, con caracteres bastante claros para que un beneficiador experimentado pueda tener una idea clara pero no precisa de ellas. En efecto, del aspecto del boton de pella y de su menor ó mayor sequedad, puede inferirse si las reacciones son enérgicas ó débiles, y saberse si progresa ó no la desmineralizacion y amalgamacion de la plata; pero el exámen escrupuloso de la tentadura no puede servir para determinar con precision la cantidad de plata que está amalgamada en un momento dado, ni el momento final del beneficio por grande que sea la práctica del beneficiador.

Recuerdo, que cuando comencé á practicar el beneficio de patio, hace 18 años, en Fresnillo, al fijarme en esa multitud de caracteres de las tentaduras por medio de los que los prácticos dirigen el beneficio, echaba yo de ménos un fenómeno semejante al que en el beneficio de fundicion indica el momento final de la afinacion de la plata, que como es sabido, se manifiesta al desaparecer los colores del íris con que se presenta la película delgada de la última porcion de óxido de plomo que nada sobre el tejo de plata, y que al romperse produce el fenómeno que los prácticos llaman «dar la vuelta.» Nada semejante encontraba al fin del beneficio de patio, y por el contrario, los caracteres con que se me decia que

se manifiesta *el rendido* de una torta, los hallaba muy vagos y aun desprovistos de fundamento. Desde entónces preveia, lo que despues he tenido ocasion de comprobar, y es: que por falta de datos claros y precisos para fijar la época final del beneficio de patio, y fiados los prácticos en caracteres empíricos, que no tienen más fundamento que el dicho de sus antecesores, debian perderse sumas enormes de plata.

En la práctica, los guías racionales que se tienen para fijar el momento de un rendido de una torta son: el estado de sequedad de la pella; el tiempo que lleva la torta en beneficio, y el resultado de otras tortas beneficiadas anteriormente. La sequedad ó riqueza de la pella se estima á la vista comparando el volúmen que resulta de azogue, exprimiendo la pella con el dedo, con el de pella seca: esta apreciacion, además de que no puede ser sino poco aproximada por hacerse á la vista, presenta, además, el inconveniente de experimentar una variacion considerable con el cambio de la cantidad de azogue puesto en relacion de la plata esperada, y estar sujeta al error que suele haber entre la plata contenida realmente en la torta, y la calculada por la ley de su ensaye docimástico. El tiempo que lleva una torta en beneficio es un indicio para juzgar del adelanto de las reacciones; pero como hay otras circunstancias que juntamente con el tiempo influyen en el desarrollo de éstas, como son: la cantidad de reactivos, la naturaleza ó composicion de los minerales, la temperatura, etc., es expuestísimo en la práctica juzgar por sólo el tiempo. Por último, el conocimiento del resultado obtenido en otras tortas beneficiadas ántes, no pasa de un indicio sujeto, como la duracion del beneficio, á multitud de eventualidades en una torta nueva. Si todas las tortas tuvieran la misma composicion, y su beneficio se operase en las mismas circunstancias, el resultado obtenido, seria una guía para el que debian producir las siguientes; pero siendo irrealizables estas condiciones en la práctica, no hay fundamento para juzgar por induccion en casos que son diferentes entre sí. Todos estos inconvenientes se evitan con el empleo de los ensayes de pella, los cuales, además, producen otras ventajas como voy á probarlo; pero ántes debo describir cómo he practicado estos ensayes y explicar su fundamento.

Cuando el beneficio de una torta está ya algo adelantado, se sa-

can dos ensayes como para hacer tentaduras, tomando pequeñas porciones del mayor número de puntos de la torta que sea posible, el mismo dia que se repase y despues de estar ya bien revuelta: en seguida se hace una tentadura de cada ensaye con escrupulosidad, cuidando que no se pierda nada de azogue ni de pella: se refriega el polvillo y se reune con el boton de pella el desecho y limadura: se lava el boton, se escurre, se pasa á otra jícara que no esté húmeda y se deja secar al sol. Despues se pesa el boton de pella en un vidrio de reloj, y envuelto en un papel de China, se pone en un crisol de tierra refractaria ó de fierro para evaporar el mercurio; teniendo cuidado de comenzar por calentarlo con un fuego muy moderado que va elevándose lenta y gradualmente hasta llegar á la temperatura del rojo: se refoga el boton de plata al soplete sobre un carbon, y por último se pesa la plata obtenida. La diferencia entre el peso del boton de pella y el de la plata, indica la cantidad de azogue del boton que se ha amalgamado con la cantidad conocida de plata. Si se conociera la cantidad de azogue que hay en la torta, una simple proporcion haria conocer la cantidad de plata que habia amalgada en el momento de sacar los ensayes; pues siendo la plata amalgamada con el azogue del boton, proporcional con la plata amalgamada con el azogue de la torta, puede establecerse la siguiente proporcion:

*El azogue del boton, es á la plata amalgamada con él, como el azogue existente en la torta es á la plata amalgamada en ella.*

Los dos primeros términos de la proporcion, son conocidos por la operacion del ensaye de pella. El tercer término, el azogue existente en la torta, es igual á la cantidad que se puso en la torta, ménos el que se ha perdido. El azogue puesto en la torta, que se llama *empleo*, es una cantidad bien conocida, determinada en la práctica siempre con mucha exactitud; y el azogue perdido puede estimarse aproximativamente, supuesto que, independientemente del pequeño desperdicio que hay de este ingrediente ántes de lavarse una torta, la pérdida de azogue es proporcional á la cantidad de plata amalgamada. La pérdida de azogue es proporcional á la plata amalgamada, porque las reacciones del beneficio de patio producen la descomposicion de los sulfuros de plata, formando cloruro de plata, cuyo cuerpo, en presencia del mercurio, se descompone, formándose cloruro de mercurio que se pierde, y plata

metálica que se amalgama; en consecuencia, verificándose la pérdida de azogue por equivalentes químicos en proporcion del cloruro de plata reducido, será proporcional á la plata amalgamada. Si toda la plata se trasformase en cloruro, y si este compuesto fuese reducido únicamente por el mercurio, se perderian 1'85 veces la plata amalgamada, lo que equivale á una pérdida de 14 onzas $\frac{81}{100}$ de azogue por marco de plata obtenido; pero á causa de la plata nativa que contienen los minerales, y á que el cloruro de plata formado es reducido no sólo por el mercurio, resulta que en la práctica, con todo y la pérdida mecánica de patio y lavadero, como término medio, es sólo de $1\frac{1}{2}$ veces la plata obtenida, próximamente 12 onzas de azogue por marco. Las pérdidas de azogue tenidas en las tortas lavadas anteriormente, y la energía de las reacciones en la torta que se va á ensayar, son la mejor guía para suponer una pérdida bastante aproximada á la realidad. Es conveniente suponer esta pérdida un poco menor á la que en circunstancias semejantes han dado las tortas beneficiadas; porque, lo repito, miéntras que la torta está en el patio, todavía no tiene lugar la pérdida mecánica del lavadero. Ahora bien: aunque el valor del tercer término de nuestra proporcion, que debe representar la cantidad de azogue existente en la torta, no puede ser exacto, en razon de que el azogue perdido sólo puede estimarse por aproximacion, para el objeto esencial con que se practican los ensayes de pella, esto no tiene ningun inconveniente. En efecto, el objeto de estos ensayes no es determinar la cantidad de plata que hay amalgamada en una torta en un momento dado, sino indicar con gran aproximacion la cantidad de plata que diariamente se amalgama en virtud de las reacciones, con el fin de conocer con precision la energía de éstas y el momento en que ha concluido el beneficio.

Pues bien; para este objeto, suponiendo una pérdida de azogue proporcional al número de marcos amalgamados durante todo el beneficio de una misma torta, un pequeño error en esta pérdida supuesta, es de poca influencia en el adelanto diario de la amalgamacion de una torta en beneficio, como lo probaré despues que haya hecho conocer los resultados de este método.

Hechas estas explicaciones, llamaré:

$b$ = peso del boton de pella sacado de la tentadura de una torta en beneficio despues de lavado y seco.
$p$ = peso de la plata obtenida del boton de pella despues de refogado.
$E$ = empleo de azogue puesto á la torta, expresado en libras.
$2E$ = empleo de azogue expresado en marcos.
$x$ = número de marcos amalgamados ó recogidos en la torta en el momento de sacar el ensaye.
$b - p$ = será el azogue que habia en el boton de pella.

Si se supone la pérdida de 12 onzas de azogue por cada marco de plata recogido,

$$2\,E - \tfrac{12}{8}\,x$$

expresará en marcos el azogue existente en la torta.

Siendo proporcional la cantidad de plata amalgamada con el azogue del boton de pella; con la plata amalgamada con el azogue existente en la torta, podremos establecer la siguiente proporcion:

$$b - p : 2\,E - \tfrac{12}{8}\,x :: p : x,$$

haciendo producto de extremos y medios

$$x\,b - x\,p = 2\,E\,p - \tfrac{12}{8}\,p\,x:$$

despejando á la $x$ y reduciendo, se obtiene:

$$x = \frac{2\,E\,p}{b + \frac{1}{2}\,p} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Tal es la fórmula que da á conocer el número de marcos recogidos ó amalgamados en una torta en beneficio. La diferencia entre los valores obtenidos para $x$ de dos ensayes sacados de la misma torta con algunos dias de intermedio, indicará en marcos el adelanto operado en la amalgamacion de la plata, y cuando este adelanto llegue á ser nulo ó insignificante, el beneficio habrá terminado y podrá lavarse la torta, siempre que no falten ingredientes para las reacciones y que se haya recogido próximamente la cantidad de plata esperada.

Si en vez de suponerse la pérdida de 12 onzas de azogue por marco de plata recogido, se cree qne sea más aproximada á la realidad, por ejemplo, la de 8, 10, 14 ó 16 onzas, bastará reemplazar

el 2º término de la proporcion $2\,E - \frac{12}{8}\,x$, por $2\,E - \frac{8}{8}\,x$, ó por $2\,E - \frac{10}{8}\,x$, etc., y se obtendrán para $x$ los valores siguientes:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Para una pérdida de | | 8 | onzas de | azogue por | marco. | $x = \frac{2\,E\,p}{b}$ |
| ,, | ,, | 10 | ,, | ,, | ,, | $x = \frac{2\,E\,p}{b + \frac{1}{4}\,p}$ |
| ,, | ,, | 12 | ,, | ,, | ,, | $x = \frac{2\,E\,p}{b + \frac{1}{2}\,p}$ |
| ,, | ,, | 14 | ,, | ,, | ,, | $x = \frac{2\,E\,p}{b + \frac{3}{4}\,p}$ |
| ,, | ,, | 16 | ,, | ,, | ,, | $x = \frac{2\,E\,p}{b + p}$ |

En mi concepto, cuando el beneficio marcha en un estado regular, puede usarse sin gran inconveniente la fórmula (1) correspondiente á la pérdida de 12 onzas de azogue por marco.

Para dar un ejemplo del cálculo, pondré el de una torta en la que á los 25 dias de beneficio se sacó un ensaye de pella, cuyo boton, despues de lavado y seco, pesó 1,836 milígramos, y 197 la plata obtenida de la quema de este boton de pella.

El empleo de la torta era de 2,000 libras. Adoptando la fórmula

$$x = \frac{2\,E\,p}{b + \frac{1}{2}\,p}$$

el cálculo se dispone como sigue:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $2\,E =$ | 4,000 marcos | 1,836 $= b$ | Marcos. | Dias. |
| $p =$ | 197 | + 98 $= \frac{1}{2}\,p$ | 407 | \|25 |
| | | | 157 | 16 marcos. |
| $2\,E\,p =$ | 788000 | \|1934 $= b + \frac{1}{2}\,p$ | 07 | |
| | 14400 | 407 marcos $= x$ | | |
| | 862 | | | |

Dividiendo los 407 marcos amalgamados que indica el ensaye por los 25 dias en beneficio, se obtiene, como término medio, un adelanto diario de poco más de 16 marcos en la amalgamacion.

Tres dias despues, otro ensaye de la misma torta, que era de la mina de San Pedro, y que beneficiaba yo en la hacienda de Loreto en Pachuca, dió $b = 1{,}664$ milígramos, y $p = 196$. El cálculo da $x = 445$ marcos, lo que indica que en tres dias se amalgamaron

38 marcos, resultando un adelanto diario de 13 marcos próximamente.

Continuando así una serie de ensayes, sus resultados indican con mucha claridad la época final del beneficio. En la torta á que me vengo refiriendo los ensayes de pella dieron los siguientes resultados:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A los 25 dias | habia | amalgamados | 407 | marc., | con un | adelanto diario | de 16 marc. |
| „ 28 | „ | „ | 445 | „ | „ | „ | 13 |
| „ 35 | „ | „ | 460 | „ | „ | „ | 2 |
| „ 37 | „ | „ | 475 | „ | „ | „ | 7½ |
| „ 43 | „ | „ | 492 | „ | „ | „ | 3 |
| „ 46 | „ | „ | 491 | „ | „ | „ | 0 |

Se ve, pues, que sin más datos que la cantidad de azogue puesto en la torta, el peso del boton de pella sacado de una tentadura, y el peso de la plata obtenida de este boton, ha podido tenerse una idea aproximadísima de la marcha del beneficio y del fin de la operacion. Hasta los 28 dias se habian amalgamado de 13 á 16 marcos diarios; pero como de los 28 á los 35 dias el adelanto sólo era de 2 marcos diarios, se activó el beneficio, y no notándose ya adelanto de los 43 á los 46 dias, se consideró el beneficio concluido y se lavó la torta con muy buen resultado.

La circunstancia de no ser necesario conocer, ni la cantidad de mineral puesto en beneficio, ni su ley, es una de las grandes ventajas que presenta el uso de los ensayes de pella. En efecto, las personas que han practicado en grande el beneficio de los minerales de plata, saben, que por más esmero que se ponga, no puede determinarse el peso de la carga del mineral sino con alguna aproximacion, porque son muy grandes las masas puestas en beneficio, porque las romanas que se usan para determinar el peso, son instrumentos de poca precision, y porque la cantidad que se pesa ántes de molerse, sufre un aumento considerable con la cantidad que se gastan las piedras de los arrastres, siendo este aumento de peso variable por una multitud de circunstancias. Así es, que, basta reflexionar sobre el grado de sensibilidad de las romanas para convencerse de que el peso de la lama de una torta, independientemente de ciertos desperdicios inevitables en la práctica, se determina siempre con una aproximacion muy inferior á la que dan los ensayes de pella. Respecto á la ley de los minerales, tambien

las personas que han practicado sin preocupacion la metalurgia de la plata, saben que no es posible obtenerla sino con una mediana aproximacion. En efecto, es sumamente difícil, por no decir imposible, que la pequeña porcion que se toma de una torta para un ensaye docimástico, que rara vez pasa de 25 gramos, tenga la ley media en plata de la lama de la torta, compuesta frecuentemente de 70 millones de gramos, habiendo yo mismo beneficiado tortas de más del doble de esta cantidad: en consecuencia, por más que se revuelvan las partes del mineral, y que el ensaye se saque en pequeñas porciones, es dificilísimo que el polvo ensayado tenga la ley media de la cantidad total contenida en una torta; pero aun suponiendo que esta condicion estuviera satisfecha, en la ejecucion misma del ensaye docimástico, ya por el límite de sensibilidad de las balanzas, ya por las diferencias consiguientes á la copelacion, el resultado es, que el mismo polvo ensayado por diferentes ensayadores y aun por la misma persona en diversos dias, da diferencias muy á menudo superiores á un 5 por ciento respecto de la cantidad de plata.

Esta diferencia que podia creerse exagerada tratándose de un método tan recomendado como la copelacion, se comprende que no lo es, pues aunque en efecto es un procedimiento muy expedito con cuyo auxilio puede determinarse $\frac{1}{12000}$ de plata contenida en un mineral; pesando 6 gramos, resulta, que cuando éste tenga una ley de 10 marcos por monton de 30 quintales, $\frac{1}{2}$ milígramos, en más ó ménos, viene á producir la diferencia de 5 por ciento sobre la cantidad de plata, y en la práctica no es posible fijar la ley con seguridad con una aproximacion mayor á la correspondiente á $\frac{1}{2}$ milígramo sobre 6 gramos de mineral ensayado. Con los ensayes de pella, usando balanzas mucho más corrientes que las que sirven para los ensayes docimásticos, se conocen perfectamente adelantos en la amalgamacion de ménos de $\frac{1}{2}$ por ciento, esto es, de $\frac{5}{1000}$ de la plata contenida. Así, pues, en la torta cuya serie de ensayes he trascrito, se ve, que éstos han indicado claramente adelantos de 2 y 3 marcos diarios sobre un contenido de la torta de 522 marcos, y para obtener este dato precioso en la práctica, no ha sido necesario conocer más que la cantidad de azogue puesto en la torta; cantidad sujeta á gran apróximacion por ser relativamente corta y pesada en buenas balanzas con mucho cuidado,

el peso del boton de pella y el de la plata que éste contiene, cuyos números se obtienen por un procedimiento de muy fácil ejecucion.

Cuando por medio de los ensayes de pella se quiera dirigir el beneficio de patio con facilidad y acierto, es preferible sustituir, en las fórmulas que he demostrado, en lugar del empleo total del azogue el correspondiente á 100 marcos de plata esperada, expresada tambien en marcos, con el objeto de obtener inmediatamente resultados comparativos más claros.

Para dar un ejemplo de este método de cálculo, por cuyo medio los resultados se hacen, permítaseme la expresion, más racionales y más adecuados para dirigir convenientemente las reacciones del beneficio y su conclusion, tomaré otra torta beneficiada por mí en Pachuca, á la cual se le pusieron 2,800 libras de azogue, debiendo producir 672 marcos, segun el ensaye docimástico de *la granza*, esto es, del mineral ántes de molerse en los arrastres.

Para determinar el empleo de azogue en marcos por 100 de plata esperados, formaremos la siguiente proposicion:

672 marcos de plata : 100 : : 5,600 marcos de azogue : $x = 833$.

Así, pues, adoptando la fórmula correspondiente á 12 onzas de pérdida,

$$x = \frac{2\,E\,p}{b + \frac{1}{2}\,p}$$

representaremos 2 $E$ por 833, y como un ensaye de pella sacado á los 25 dias de beneficio dió un boton de pella con el peso de 2,979 milígramos, del cual se obtuvo uno de plata con el peso de 329; sustituyendo estos valores en la fórmula, ejecutaremos el cálculo correspondiente como sigue:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $2\,E =$ | 833 | $2979 = b$ | | |
| $p =$ | 329 | $164 = \frac{1}{2}\,p$ | | |
| | 7497 | | | |
| | 1666 | | | |
| | 2499 | | | |
| | 274057 | $3143 = b + \frac{1}{2}\,p$ | | 25 dias |
| | 22617 | 87'19 p℔ $= x$ | 87'20 | 3'48 p℔ adelanto diario. |
| | 6160 | | 12 2 | |
| | 30170 | | 220 | |
| | 1883 | | 20 | |

En consecuencia, este ensaye nos indica que á los 25 dias de beneficio habia amalgamada próximamente 87'20 por ciento de la plata esperada, y que como término medio, se habia amalgamado diariamente 3'49 por ciento de dicha plata esperada.

Los resultados de los ensayes de pella practicados en los dias posteriores, fueron los siguientes:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A los 25 dias se habia amalgamado..... | 87.20 | p% | de la plata, | con | adelanto | diario | de..... | | | 3.49 | p%. |
| A los 29 dias..... | 89.50 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ ..... | 0.57 | „ |
| A los 33..... | 92 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ ..... | 0.62 | „ |
| A los 36..... | 93.23 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ ..... | 0.41 | „ |
| A los 40..... | 94.71 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ ..... | 0.37 | „ |
| A los 43..... | 95.76 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ ..... | 0.35 | „ |
| A los 46..... | 95.72 | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ | „ ..... | 0.00 | „ |

En la serie de resultados que acabo de trascribir, se ve claramente que por medio de los ensayes de pella se hacen perceptibles adelantos en la amalgamación de la plata inferiores al $\frac{1}{2}$ por ciento de la plata total.

Muchas veces sucede que la amalgamación se suspende mucho ántes de aproximarse á 100 el número que indica la parte de plata amalgamada; y si en este caso no faltan ingredientes para producir las reacciones, ni tiempo, ni hay un cambio desfavorable en la temperatura, ú otra circunstancia á la que con fundamento pueda atribuirse la suspension de la amalgamacion de la plata, será una prueba de que la ley que sirvió para calcular la cantidad total de plata contenida en la torta, fué alta y deberá lavarse. En cambio, sucede otras veces que, aun cuando los ensayes de pella llegan á marcar más de 100 partes de plata amalgamada, al mismo tiempo siguen indicando adelantos diarios en la amalgamacion, en cuyo caso no debe lavarse la torta hasta que se suspendan los progresos de la amalgamacion. Estos casos son una prueba práctica de la dificultad que hay para determinar con exactitud la ley y la cantidad de carga de una torta.

En la práctica, lo mejor es, sin dejar de atender á todas las circunstancias que influyen en el beneficio y á la cantidad de plata que debe producir la torta, continuar su beneficio hasta que el valor de la plata amalgamada diariamente, indicada por los ensa-

yes de pella, sea menor que los gastos que origine la continuacion del beneficio.

Al establecer el fundamento del pequeño cálculo del que he deducido las fórmulas que pueden usarse en la práctica de los ensayes de pella, dije que el azogue existente en la torta en el momento de practicar el ensaye, era una cantidad incierta, porque sólo aproximativamente podia estimarse la pérdida química y mecánica de azogue; pero igualmente indiqué que esto no tenia ningun inconveniente para el objeto de los ensayes de pella, que no es fijar con exactitud la cantidad de plata amalgamada en una época del beneficio, sino indicar, con gran aproximacion, el adelanto diario y el fin de la amalgamacion de la plata en una torta. Voy, pues, ahora, á trascribir los resultados de los ensayes de pella de una torta, calculando sus adelantos diarios bajo los dos supuestos de tenerse la pérdida de 12 onzas de azogue por marco, y la de 16 onzas, para hacer ver la pequeña influencia que tiene una variacion tan notable en el supuesto de la pérdida.

Una torta de la mina del Rosario beneficiada por mí en Pachuca, indicaba un adelanto diario en la amalgamacion:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A los 22 | dias | con | la | pérdida | de | 12 | onzas, | de | 3.91 | p℥, | y | de | 3.68 | p℥ | con la de 16 onzas. |
| A los 25 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 0.90 | „ | „ | 0.80 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 29 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 1.26 | „ | „ | 1.11 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 33 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 0.33 | „ | „ | 0.22 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 39 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 0.49 | „ | „ | 0.47 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 45 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 0.00 | „ | „ | 0.00 | „ | „ | „ 16 | „ |

Si una variacion en el supuesto de la pérdida de azogue tan fuerte como 4 onzas por marco de plata, es apénas sensible sobre el adelanto diario de la amalgamacion, y no tiene ninguna influencia para conocer el fin del beneficio, no sucede otro tanto con la cantidad de plata amalgamada. Así por ejemplo, en la misma torta del Rosario las cantidades de plata amalgamadas eran:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A los 22 | dias | con | la | pérdida | de | 12 | onzas, | de | 85.98 | p℥, | y | de | 81.07 | p℥ | con la de 16 onzas. |
| A los 25 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 86.69 | „ | „ | 83.47 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 29 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 93.74 | „ | „ | 87.92 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 33 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 95.06 | „ | „ | 88.80 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 39 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 97.98 | „ | „ | 91.66 | „ | „ | „ 16 | „ |
| A los 45 | „ | „ | „ | „ | 12 | „ | „ | 97.88 | „ | „ | 91.57 | „ | „ | „ 16 | „ |

Esta diferencia es mayor, como era fácil preverlo, miéntras más adelantada está la amalgamacion, supuesto que la pérdida química del azogue es proporcional á la plata amalgamada, habiendo llegado á ser esta diferencia en el caso de que me vengo ocupando, de 6.32 por ciento á consecuencia de una variación de la tercera parte en el supuesto de la pérdida del azogue que era natural esperar.

Aunque los ensayes de pella no deben practicarse con el objeto de determinar la cantidad de plata que probablemente ha de producir una torta; sin embargo, debo manifestar que, sin deber exigirse una gran aproximacion para el resultado de cada torta en particular, los ensayes de pella indican aproximativamente el producto de plata, tomando los resultados en conjunto; siendo generalmente el producto real de las tortas un poco mayor que el indicado por los ensayes de pella, calculado con la pérdida de 12 onzas de azogue por marco. En apoyo de este aserto, citaré el resultado de 19 tortas, cuyos apuntes tengo á mano. Por los ensayes de pella, estas tortas tenian amalgamados 14,791½ marcos de plata en el momento en que dispuse que se lavaran, y el producto efectivo de dichas tortas fué 14,934 marcos: la diferencia de 142½ marcos entre los que se calculaba que habia amalgamados por los ensayes de pella y el producto real, se aproxima á un aumento de 1 por ciento; pero, lo repito, en algunas tortas este producto puede diferir en más ó ménos, y algunas veces de un modo sensible, lo cual depende particularmente del estado de energía en que hayan marchado las reacciones del beneficio, de su duracion y de la mayor ó menor pérdida de azogue al lavar la torta.

La exactitud de los resultados de los ensayes de pella, depende principalmente de que toda la pella que contiene la torta sea homogénea, esto es, que cualquier porcion tenga la misma riqueza en plata, y para conseguir esto, los ensayes deben sacarse de las tortas precisamente el dia que se repasan, y lo ménos 4 ó 5 horas despues de estarse andando, siendo más exactos aún si se sacan despues de haberlas volteado. En las tortas paradas se observa que la pella de las partes de encima es más rica que la de adentro de la torta, y para evitar los errores á que esta circunstancia puede conducir, no deben sacarse ensayes de pella de tortas que no estén bien repasadas y revueltas.

Siempre practico dos ensayes sacados de dos tentaduras de revuelto de la misma torta, teniendo cuidado de lavarlas bien y de refregar el polvillo y desecho, á fin de que no se pierda nada de la pella y que toda se reuna al boton que va á ensayarse. Para pesar el boton de pella seco y la plata, he usado algunas veces balanzas muy finas; pero para obtener la aproximacion que he indicado, basta servirse de balanzas que cargadas con 4 gramos marquen claramente 2 milígramos. Para evaporar el azogue del boton, lo hago por medio de una lámpara de alcohol de doble corriente, ó por la mufla. En el primer caso, despues de pesado el boton de pella, lo envuelvo en papel de China y lo coloco en un pequeño crisol delgado de tierra refractaria ó de fierro, el cual crisol lo caliento al principio muy suavemente y despues voy aumentando gradualmente el calor, y á fin de evitar el inconveniente de los vapores mercuriales, cubro el crisol con el cuello de una retorta rota, cuya boca introduzco en el agua, teniendo cuidado de mantenerlo frio; y siempre que se pueda, es conveniente colocar la lámpara con el crisol, debajo de la campana de una chimenea; por último, el boton de plata lo refogo al soplete sobre carbon hasta que el metal comienza á fundirse. Cuando quemo el boton en la mufla tengo cuidado de ponerlo en una copela sobre un papel de China, extendiéndolo para que quede delgado, y en seguida lo aproximo muy poco á poco á la boca de la mufla, con el objeto de evitar que el azogue se evapore violentamente y se pierdan algunas partículas de plata, y al fin lo coloco en medio de la mufla hasta que la plata comienza á fundirse. Dejo enfriar el boton de plata, que merced á la capa de ceniza producida por el papel de China, no se adhiere al crisol ni á la copela; lo limpio con un pincel y lo peso. Cuando el cálculo de los dos ensayes me da resultados poco diferentes, adopto su término medio, y en caso contrario repito la operacion sacando nuevas tentaduras de la torta. Es esencial para la exactitud de los resultados, que la evaporacion del mercurio se haga con gran lentitud.

Voy á ocuparme ahora, aunque sea brevemente, de los ensayes de residuos, cuyo procedimiento es poco conocido y puede servir, tanto para dar á conocer la marcha y fin del beneficio de una torta con mucha ménos incertidumbre que los caracteres de la tentadura, como para comprobar los resultados de los ensayes de pella.

Los ensayes de residuos se practican sacando un ensaye escrupuloso de la torta en beneficio, al cual se le agrega una pequeña cantidad de azogue, que sirve como de baño; se revuelve bien, con el objeto de incorporar y repartir el azogue, y en seguida se lava como una tentadura, teniendo cuidado de que no se pierda ninguna pella, recogiendo en varias vasijas todas las lamas: se dejan asentar éstas y se decanta despues el agua. Luego se vuelven á lavar todas las lamas á fin de recoger las pequeñas porciones de pella que hubieran podido escaparse, se dejan asentar, se decanta el agua y se secan al fuego. Por último, se muelen las lamas secas, se ciernen y se hace de ellas un ensaye docimástico. La ley en plata de los residuos de la tentadura lavada, indica la parte de la ley de la torta que está sin amalgamarse en el momento que se sacó el ensaye. La diferencia entre la ley de dos ensayes sacados y hechos en dias diferentes, podrá servir para indicar el progreso de la amalgamacion.

En teoría, este procedimiento es perfecto, y en la práctica es de gran utilidad, á pesar de algunos inconvenientes que voy á hacer conocer, y de los cuales depende que sea preferible el de los ensayes de pella.

La operación de lavar los ensayes de residuos, además de ser más dilatada y laboriosa que la de los ensayes de pella, presenta el gran inconveniente de que un pequeño desperdicio de pella viene á alterar el valor del resultado, miéntras que en los ensayes de pella esto no tiene ningun inconveniente, si, como es probable, la pella desperdiciada tiene la misma riqueza en plata que la recogida para ensayarla. La operacion que exige un ensaye de pella para determinar la cantidad de azogue y plata, es más rápida y sencilla que la que es preciso hacer para determinar la ley en plata de los residuos por medio de un ensaye docimástico, exigiendo los ensayes de pella un pequeño cálculo numérico. El procedimiento de los ensayes de residuos exige el uso de balanzas de extremada sensibilidad, miéntras que para el de ensayes de pella basta balanzas ménos finas; y por último, los ensayes de residuos, aun suponiéndolos bien lavados, dan una aproximacion muy inferior á la de los ensayes de pella. Esto último depende de que, aun independientemente de las dificultades inherentes á determinar con exactitud la ley de frutos pobres por el método de cope-

lacion, aun usando las balanzas más sensibles, no es posible tener una aproximacion de más de $\frac{1}{4}$ de marco de plata por monton de 30 quintales, lo que representa la fraccion de $\frac{1}{24000}$ de la masa ensayada; pero esta gran aproximacion referida á la plata contenida en una torta, es variable segun la ley de los minerales, pero siempre inferior á la que dan los ensayes de pella. En efecto, suponiendo que los frutos que se beneficien tengan una ley de 10 marcos por monton, la aproximacion de $\frac{1}{4}$ de marco representa la diferencia de $2\frac{1}{2}$ por ciento sobre la cantidad de plata contenida. Si la ley de los frutos fuera de 5 marcos, esta misma aproximacion conduce á la diferencia de un 5 por ciento, y en los residuos que tienen una ley de un marco, esta diferencia se eleva á un 25 por ciento. En el procedimiento de los ensayes de pella no tiene ninguna influencia la mayor ó menor riqueza de los minerales, y ántes he probado que por su medio se consigue hacer perceptibles progresos en la amalgamacion inferiores á $\frac{1}{2}$ por ciento. Así es que, aunque teóricamente, el método de los ensayes de pella no es enteramente exacto, en la práctica da resultados más aproximados que el procedimiento de los ensayes de residuos.

Siendo la ejecucion de los ensayes de pella una operacion fácil y expedita, y habiendo probado que por su medio se hacen perceptibles los pequeños adelantos que las reacciones del beneficio de patio producen en la amalgamacion de la plata, esto basta para recomendar el empleo del método que acabo de describir, tal como lo he usado; pero antes de concluir citaré algunos hechos, en apoyo de su utilidad, la cual proviene principalmente de que los resultados que da este método son independientes de la cantidad de mineral que se beneficia y de su ley, sobre cuyos datos suele haber algunos errores en la práctica, y en que se apoya uno para juzgar no en el valor de un solo resultado, sino en los de una serie de resultados.

Beneficiando en Guanajuato frutos comprados á la ley y en rescate, he obtenido varias veces aumentos sobre la plata esperada hasta de un 25 por ciento. Recuerdo entre otros hechos, el de una torta que debia producir por el ensaye de lama 870 marcos, y que conduciendo su beneficio por medio de los ensayes de pella, llegó á producir cerca de 1,100 marcos, dando un aumento de más de 25 por ciento. En la hacienda de beneficio de Salgado, y tambien

en la de Santa Ana, en Guanajuato, me sucedió que habiéndose reventado un lamero, se mezcló la lama que contenía con las demas tortas que estaban en beneficio; resultando que si podia tenerse una idea de la cantidad total de plata y mineral contenido en todas las tortas, era imposible saberse la parte que contenia cada una, habiendo además la dificultad de tenerse que beneficiar revueltos frutos cuyo beneficio se encontraba en épocas muy diversas; sin embargo, en estos dos casos, guiado con los ensayes de pella he podido obtener resultados satisfactorios, haciéndome ver que este procedimiento es un poderoso auxiliar en casos difíciles como el que acabo de citar. Tomando los resultados de un semestre de la hacienda de beneficio de Loreto en Pachuca, que obtuve dirigiendo el beneficio de las tortas, auxiliado de los ensayes de pella, resulta: que comparando la cantidad de plata obtenida con la esperada por la ley del metal ensayado en granza ántes de molerlo en los arrastres, sólo perdí 5.39 por ciento de la plata total contenida en los minerales; y comparando igualmente la plata producida con la contenida por la ley de las lamas, se obtuvo un aumento de 7.65 por ciento, cuyo aumento consiste, como ántes he explicado, en que las lamas de las tortas contienen un recargo de peso por el gasto de las piedras voladoras y de fondo de los arrastres, contribuyendo naturalmente este aumento de peso á la diminucion de ley de las lamas. Al éxito de este buen resultado, sobre el producto de plata, han contribuido en gran parte los ensayes de pella. En el citado semestre he beneficiado minerales extraidos de las minas del Rosario, San Pedro y el Jacal, al mismo tiempo que se remitian y beneficiaban en otras haciendas; y como los minerales se enviaban á la hacienda de Loreto y á las otras simultáneamente y sin distincion, debia esperarse un producto en plata aproximativamente igual para cada mina; habiendo sido el resultado el siguiente:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6,520 | Cgs. | del Rosario, beneficiadas en otras haciendas, produjeron | 14.56 ms. por monton. |
| 6,240 | „ | del Rosario, beneficiadas por mí en Loreto, produj- ron | 17.41 „ „ „ |
| 12,800 | „ | de San Pedro, beneficiadas en otras haciendas, produjeron | 10.97 „ „ „ |
| 14,780 | „ | de San Pedro, beneficiadas por mí, produjeron. | 11.40 „ „ „ |
| 5,650 | „ | del Jacal, beneficiadas en otras haciendas, produjeron | 7.53 „ „ „ |
| 700 | „ | del Jacal, beneficiadas por mí en Loreto, produjeron | 8.43 „ „ „ |

Se ve que en los frutos de las tres minas he obtenido un aumento en la ley de la plata con respecto al resultado del beneficio verificado en las otras haciendas. Como término medio, ha sido este aumento de 9.42 por ciento sobre el producto de las otras haciendas; ó de otro modo: si los frutos que yo beneficié hubieran rendido la misma ley que dieron los de cada mina en las otras haciendas, se habrian dejado de obtener 21,000 y pico de pesos que vale el aumento de la cantidad de plata.

Por todo lo que antecede, en mi concepto, es indudable que la generalizacion del uso de los ensayes de pella, debe contribuir á aumentar el producto de plata en el beneficio de patio; y si, como decia al principio, se considera que por medio de este procedimiento se extraen en la República anualmente más de 15 millones de pesos, se comprenderá que hay lugar para esperar algun resultado práctico y favorable de un perfeccionamiento que tiene por objeto dirigir convenientemente el beneficio de patio con el fin de obtener la mayor cantidad de plata que sea posible.

MANUEL MARIA CONTRERAS.

# ESTADÍSTICA MINERA

## CUADRO SINÓPTICO que manifiesta el movimiento minero en la capital del Estado de Guanajuato.

| UBICACION. | Nombres de las minas. | Metal que contienen | Producto semanario en kilos de oro | Dependientes. | Operarios. | Mujeres. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mineral de la Luz | La Luz... | Plata | | | | |
| | Santa Lucía | " | | | | |
| | Santa Clara | " | 600 | 25 | 407 | 18 |
| | La Cruz | " | | | | |
| | Melladito | " | 200 | 10 | 25 | |
| | El Refugio | " | 125 | [illegible] | 120 | 20 |
| | Jesus María | " | [illegible] | 8 | 64 | |
| | San Juan del Jardin | " | 30 | 2 | 70 | |
| | La Purísima | " | 25 | | | |
| | El Rosario | " | 250 | 25 | 263 | |
| | San Pedro Xilmonene | " | 80 | 24 | 250 | |
| | Mexiamora | " | | 2 | 10 | |
| Mineral de la Ovejera | San Cayetano | | 125 | 18 | 176 | 8 |
| | San Isidro de Puerta | " | 30 | [illegible] | 10 | |
| Mineral de Puertecito | La Joya | | 45 | 9 | [illegible] | |
| Mineral de Santa Ana | La Concepcion | | 200 | 7 | 50 | |
| Mineral de Valenciana | San Próspero | | 150 | 2 | 30 | |
| | Santa Rosa y [illegible] | " | 200 | 26 | 310 | 24 |
| | Valenciana | | | | | |
| | Esperanza | | 2,000 | 22 | 845 | 20 |
| | [illegible] | | | | | |
| | [illegible] | " | 40 | 8 | 24 | |
| | Maravillas | | 250 | 7 | 200 | 20 |
| Mineral de Cata | Cata | | | | | |
| | San Lorenzo | | 2,500 | 22 | 1,281 | 18 |
| | Avispero | " | | | | |
| Mineral de Mellado | Animas | | 25 | 6 | 20 | |
| Mineral de Valenciana | Nueva Luz | | 15 | [illegible] | 1 | [illegible] |
| | | | 7,335 | 247 | 4,751 | 128 |

| UBICACION. | Nombres de las minas. | Metal que contienen | Producto semanario en kilos de oro | Dependientes. | Operarios. | Mujeres. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mineral de Mellado | Mellado | Plata. | | | | |
| | Fraustros | " | 1,740 | 26 | 1,020 | 28 |
| | Cinco Señores | " | | | | |
| Mineral de Rayas | Aparecida | " | 70 | 3 | 1 | |
| | Rayas | Plata y oro | 4,000 | 38 | [illegible] | 120 |
| | Promontorio | Plata | 150 | 7 | 140 | 6 |
| | Santa Anita | Plata y oro | 180 | 5 | 20 | 4 |
| | Flor de María | " | 125 | 4 | 65 | 21 |
| Mineral de Sta. Rosa | San Cayetano de Providencia | " | 25 | 4 | 20 | |
| | La Libertad | | | | | |
| | No me olvides | Plata | 250 | 15 | 120 | |
| | Cucurrisola | " | | | | |
| Mineral del Monte | La Asuncion | " | 40 | 4 | 25 | |
| Mineral de la Fragua | La Fragua | " | 150 | 2 | 50 | |
| Mineral de Sirena | Sirena | " | 500 | 25 | 250 | 12 |
| | Peñafiel | " | 400 | 6 | 44 | |
| | El Sol | " | 15 | 3 | 20 | 8 |
| Mineral de Peregrina | Peregrina | Plata y oro | 700 | 28 | 180 | 20 |
| Mineral de Villalpando | Villalpando | " | 100 | 10 | 170 | |
| | La Loca | " | 500 | 10 | 190 | |
| | El Tajo | " | 200 | 11 | 128 | |
| | Pastora | " | | | | |
| | Romana | " | | | | |
| | Cebolletas | " | 100 | 2 | [illegible] | |
| Mineral del Nayal | Capulin | | | | | |
| | El Nayal | | | 4 | 16 | |
| | | | [illegible] | 208 | [illegible] | 119 |
| | | | 16,[illegible] | 464 | 8,085 | 247 |

## ESTADO que manifiesta el número de haciendas que hay en giro, el número de arrastres que tiene en servicio y gente que se ocupa en ellas.

| Nombres de las haciendas. | Arrastres. Chicos | Arrastres. Grandes | Dependientes. | Operarios. | Arrieros. |
|---|---|---|---|---|---|
| San Juan | ..... | 48 | 18 | 33 | 12 |
| La Trinidad | 1 | 33 | 13 | 23 | 11 |
| Santa Ana | ..... | 20 | 11 | 23 | 7 |
| La Purísima | 29 | 30 | 16 | 30 | 16 |
| San Nicolás | 6 | 20 | 7 | 25 | 12 |
| Barrera Grande | 23 | 45 | 6 | 31 | 16 |
| Barrera de Enmedio | ..... | 22 | 11 | 32 | ..... |
| Dolores de Barrera | 39 | 25 | 18 | 20 | ..... |
| San Antonio de Barrera | 40 | 5 | 6 | 35 | ..... |
| Sacramento de Barrera | ..... | 17 | 8 | 32 | ..... |
| Noria Alta | ..... | 22 | 8 | 20 | ..... |
| Cipreses | ..... | 30 | 11 | 27 | 10 |
| | 1[illegible]8 | 317 | 1[illegible]3 | 340 | 84 |

| Nombres de las haciendas. | Arrastres. Chicos | Arrastres. Grandes | Dependientes. | Operarios. | Arrieros. |
|---|---|---|---|---|---|
| San Luisito | ..... | 18 | 8 | 20 | 7 |
| Rocha | ..... | 67 | 16 | 56 | ..... |
| San Pedro de Rocha | ..... | 25 | 10 | 27 | 6 |
| Pardo | ..... | 22 | 11 | 28 | ..... |
| San Francisco de Flores | ..... | 16 | 7 | 28 | ..... |
| Purísima de Flores | ..... | 30 | 7 | 23 | ..... |
| Salgado | ..... | 52 | 12 | 46 | 16 |
| Escalera | 37 | 24 | 15 | 44 | ..... |
| San Matías | ..... | 32 | 10 | 22 | ..... |
| San Javier | ..... | 50 | 14 | 47 | ..... |
| Puente de Palo | 24 | 8 | 17 | 27 | ..... |
| San Joaquin | ..... | 18 | 9 | 24 | 8 |
| | 61 | 264 | 136 | 381 | 87 |

| Nombres de las haciendas. | Arrastres. Chicos | Arrastres. Grandes | Dependientes. | Operarios. | Arrieros. |
|---|---|---|---|---|---|
| El Cubo | 40 | ..... | 8 | 25 | |
| Bustos | ..... | 50 | 14 | 58 | |
| Luna | 26 | 15 | 17 | 20 | 6 |
| Durán | ..... | 30 | 11 | 29 | |
| Pastita | ..... | 40 | 18 | 36 | 12 |
| San Francisco de Pastita | 64 | ..... | 8 | 24 | |
| San Jerónimo | 46 | ..... | 14 | 20 | 9 |
| San Agustin | ..... | 20 | 9 | 21 | |
| Patrocinio | 14 | 9 | 9 | 24 | |
| Dolores de Granditas | 12 | 18 | 16 | 24 | ..... |
| Puerta Grande | 25 | 14 | 12 | 25 | 14 |
| | 227 | 191 | 136 | 300 | 41 |
| | 286 | 870 | 405 | 1,021 | 41 |

Comparando el total del mineral extraido que figura en el primer estado, con la molienda semanaria obtenida en los arrastres que hay en movimiento, se encuentra una diferencia que debe atribuirse á que, al formar el referido estado, no ha sido posible tener en cuenta un sin número de catas ignoradas, que sin embargo, contribuyen sensiblemente á la produccion total, de la misma manera que los terreros de los que se extraen considerables cantidades de mineral; esta diferencia, que se menciona, asciende á 4,187 cargas, y se encuentra de la manera siguiente hay en Guanajuato 35 haciendas de beneficio con 1,296 arrastres, de los que 870 son grandes, y muelen, por término medio semanariamente, 63 quintales cada uno; los otros 426 son chicos, y muelen en el mismo tiempo 40 quintales; resultando un total de molienda en la semana, de 71,858 quintales, ó bien 2,245 montones 21 centavos, que equivalen á 20,522 cargas de 14 @; el total que arroja el estado es de 16,335 cargas: diferencia, 4,187 cargas.

Al número de gente que trabaja en las minas y haciendas de beneficio, hay que agregar 81 individuos que se ocupan en las 23 oficinas de ensaye que existen actualmente, y en las que se practican á la semana 7,265 ensayes Deben tenerse en cuenta tambien, 107 mas que trabajan en la Casa de Moneda y Fábrica de ácidos para el Apartado.

## RESÚMEN.

| | |
|---|---|
| Gente que se ocupa en las minas | 9,487 |
| " " " " " " haciendas de beneficio | 1,588 |
| " " " " " " oficinas de ensaye | 81 |
| " " " " " la Casa de Moneda y Fábrica de ácidos | 107 |
| TOTAL | 11,263 |

## *IMPUESTOS que gravan los capitales en giro en las haciendas de beneficio.*

*El calculo siguiente manifiesta cuanto paga por impuestos el capital invertido en el beneficio de metales.*

Una hacienda de treinta arrastres grandes, ha producido en un año

| | | |
|---|---|---|
| Plata de mil milésimos, kilógramos 3,011,737 á $ 39,109 el kilógramo | $ 117,786 | 02 |
| Oro " " " " 20,000 " 643,520 " " | 12,870 | 58 |
| SUMA | $ 130,656 | 60 |

| | | | Derechos municipales que causan estos efectos. | | | Derechos al Estado. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Esta hacienda ha consumido | | | | | | | |
| 29,268 arrobas de paja | 00 01 | por arroba | $ 292 | 68 | 00 01 por arroba | $ 292 | 68 |
| 8,108 fanegas de maíz | 00 12½ | " fanega | 288 | 50 | | | |
| 2,756 arrobas de magistral | 00 06 | " arroba | 165 | 12 | | | |
| 13,377 " de sal | 00 20 | " carga | 222 | 95 | 00 50 por carga | 557 | 37 |
| 624 piedras voladoras | 00 06 | " piedra | 37 | 44 | 00 15 " cada una | 93 | 60 |
| 14 mulas | 00 50 | " cada una | 7 | | 01 50 " | 21 | [illegible] |
| 7,851 libras de azogue | 00 50 | " quintal | 39 | 25 | | | |
| 2½ p% sobre $ 130,656.60 por valor de oro y plata | | | | | | 3,266 | 41 |
| SUMAS | | | $ 1,[illegible] | 24 | | $ 4,231 | 06 |

### DERECHOS FEDERALES.

| | | |
|---|---|---|
| 25 por ciento sobre impuestos municipales | 288 | 41 |
| 25 " " " " del Estado | 1,057 | 70 |
| 4 41 " sobre $ 123,209.64 valor de plata por derechos de acuñacion | 5,438 | 41 |
| 4,618 " sobre $ 12,493 72 valor de oro por derechos de acuñacion | 623 | 11 |
| ¼ por ciento sobre $ 12,870 58 | 32 | 17 |
| ½ " " " $ 117,786 02 | 588 | 93 |
| 5 centavos por ciento, timbre de catorce cuentas | [illegible] | 33 |
| Ensaye de barras | 65 | |
| SUMAS | 8,154 | 18 |

*El capital que hecha hacienda tiene en giro, es de $ 40,000, de manera que el proyectado paga*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Al Municipio | $ 1,153 | 24 | Por ciento. | $ 2 | 88 |
| Al Estado | 4,331 | 06 | " | 10 | 78 |
| A la Federacion | 8,154 | 18 | " | 20 | 38 |
| SUMAS | $ 13,538 | 48 | | $ 33 | 84 |

*Guanajuato, Mayo de 1883.*

**I. IBARGÜENGOITIA.**

# ERRATAS.

| Página. | Línea. | Dice: | Debe decir: |
|---|---|---|---|
| 75 | 26 | verificado | vivificado |
| 78 | 38 | encerrada | enervada |
| 90 | 34 | con las que presentó | con las que presento |
| 95 | 20 | habrá | habia |
| 101 | 31 y 36 | Filmann | Tilmann |
| 101 | 38 | *Esg* | *Esq* |
| 101 | 38 | *Charge* | *Chargé* |
| 103 | 38 | Valencia | Valenciana |
| 110 | 29 | Inglaterra | Inglaterra'' |
| 111 | 5 | herbívaros | herbívoros |
| 111 | 17 | eológico | geológico |
| 118 | 33 | que los trazaron | que lo trazaron |
| 122 | 36 | facturas | fracturas |
| 123 | 10 | que es | que es el |
| 123 | 15 | en su plano | en su plan |
| 125 | 4 | dicho | dicha |
| 125 | 30 | sin un | sino un |
| 131 | 31 | filadicma | filadiana |
| 131 | 31 | *thrir* | *their* |
| 133 | 4 | luminacion | laminacion |
| 133 | 11 | luminar | laminar |
| 134 | 34 | al gris | al gneis |
| 139 | 13 | Tolula | Jolula |
| 141 | 38 | *filitas* | *filitas* [*phyllites*] |
| 143 | 16 | estanrolita | estaurolita |
| 143 | 33 | [*phthanite*] | [*phtanite*] |
| 144 | 8 | Birikante | Burkart |
| 147 | 24 | [grauwaeke] | [grauwacke] |
| 165 | 28 | dicc en ella | dice de ella |
| 167 | 31 | Valencia | Valenciana |
| 183 | 37 | páginas 178 y 250 | páginas 178, 230 y siguientes, |

| Página. | Línea. | Dice: | Debe decir: |
|---|---|---|---|
| 185 | 1 | con otrrs | con otras |
| 187 | 1 | estratificacion | su estratificacion |
| 192 | 25 | feldespato labrados | feldespato labrador |
| 194 | 37 | y asencible | ya sensible |
| 210 | 23 | intermedio, afectado | intermedio afectado |
| 211 | 13 | trasiciones | transicionss |
| 214 | 8 | esta tierra | esta sierra |
| 219 | 7 | agnfética | agnfítica |
| 221 | 20 | lammacion | laminacion |
| 223 | 35 | precisamente en | precisamente es |
| 229 | 14 | notables, abundan | notables. Abundan |
| 234 | 36 | los cretaceos | las cretaceas |
| 237 | 14 | trastomado | trastornado |
| 237 | 21 | Guillemin, Tarayre | Guillemin Tarayre, |
| 245 | 1 | numériros | numéricos |
| 248 | 3 | silariano | siluriano |
| 248 | 17 | porásica | pirásica |
| 249 | 27 | la veta | las vetas |
| 249 | 33 | pórfidos de sílice como | pórfidos de silex corneo |
| 251 | penúltima. | liporita | liparita |
| 257 | 26 | Mr. de Beust | Mr. de Beust |
| 257 | 29 | Hair | Harz |
| 257 | 35 | Cites Métallifères | Gites Métallifères |
| 258 | 26 | consecunscia | consecuencia |
| 260 | 2 | descanso | descenso |
| 260 | 30 | maciso | macizo |
| 260 | 37 nota. | *The Mising* | *The Mining* |
| 261 | 2 | que no carecen | que aunque no carecen |
| 261 | 5 | estos | estas |
| 261 | 23 | Sr. Luis Robles | Sr. Don Luis Robles |
| 263 | 4 | galena del | galena |
| 263 | 5 | seleninzo | seleniuro |
| 263 | 37 nota. | de piritas | de pintas |
| 266 | 25 | Cardonas | Cardones |

# INDICE DEL TOMO X.

Páginas.

Estudio de los fenómenos seísmicos del 3 de Mayo de 1887, por José G. Aguilera, Jefe de la Seccion Naturalista de la Comision Científica de Sonora y Segundo naturalista de la Comisión Geográfico-Exploradora ..... 3

Desagüe de Huehuetoca ..... 57

Las Minas de Guanajuato.—Memoria histórico-descriptiva de este distrito minero, escrita por disposicion de la Secretaría de Fomento, por Pedro L. Monroy, ingeniero de minas..... 69

Capitulo I.—Breves consideraciones generales.—Ojeada sobre la produccion de metales preciosos de la República Mexicana, juzgada por las acuñaciones.—Importancia relativa de las minas de Guanajuato en esta produccion general.—Importancia de las vetas de Guanajuato, demostrada por sus bonanzas..... 74

Capitulo II.—Bosquejo geológico de la Sierra de Guanajuato.—Consideraciones preliminares.—Principales elevaciones constituidas por las diversas formaciones.—Formacion esquisto-diorítica.—Granito ó Liparita granitoide.—Formacion conglomerado-porfídica.—Basalto.—Ojeada general sobre las formaciones guanajuatenses, para su clasificacion cronológica..... 106

Capitulo III.—Criaderos metalíferos de las montañas de Guanajuato. 256

Capitulo IV.—Apuntes históricos relativos al descubrimiento de las minas de Guanajuato y á la fundacion de la ciudad.—Onerosos gravámenes fiscales sobre los metales preciosos, y consecuencias benéficas de la diminucion de estos gravámenes.—Notas históricas sobre algunas de las principales minas y sobre algunos personajes de importancia en la industria minera.—Notas sobre la ciudad y sobre algunos acontecimientos notables.—Censo de la ciudad y del distrito minero ..... 342

Capitulo V.—Breves apreciaciones sobre la explotacion de las minas argentíferas mexicanas.—Comparaciones económicas sobre el uso

Páginas.

de los explosivos y sobre el empleo de las barrenadoras de potencia. —Trasporte subterráneo en las minas guanajuatenses.—Notas comparativas sobre desagüe en Guanajuato y en otros distritos mexicanos.—Consumos de hulla en las máquinas de desagüe en Europa.—Poder calorífico de la leña mexicana comparada con la hulla.—Cables, vasijas, guías, paracaidas y otros detalles relativos á los malacates de vapor.—Buen éxito de estos malacates y circunstancias que obligaron á elegirlos.—Centralizacion futura probable del desagüe de las más célebres minas de la Veta Madre.—Notas aplicables al país sobre las bombas subterráneas que expelen el agua directamente al exterior.—Breve comparacion entre el costo de los combustibles en México con los de Europa y Oeste de Estados Unidos.—Aprovechamiento de las aguas como potencia mecánica, y necesidad de organizar compañías en Guanajuato con este objeto y con el de abrir socavones profundos para los desagües.—Breves apreciaciones sobre extraccion y fortificacion.—Disfrute.—Pepena.—Baja en el precio de la maquila y su influencia en el giro de las minas.—Multiplicidad de tiros.—Apreciaciones generales sobre un conveniente plan de explotacion adecuado á las minas argentíferas.—Administracion económica.—Rescates y ventas á la ley..... 421

CAPITULO VI.—Tratamiento metalúrgico de los minerales auro-argentíferos de Guanajuato.—Preparacion mecánica.—Granceo.—Molino de almadanetas.—Molino chileno.—Efecto útil.—Análisis mecánica de la granza producida por diversos aparatos quebradores.—Porfirizacion en arrastre.—Efecto útil.—Análisis mecánica de las masas minerales reducidas á polvo fino en los arrastres.—Extraccion del oro por amalgamacion en los arrastres.—Extraccion de la plata por amalgamacion á la temperatura ambiente, en recintos al aire libre, ó sea beneficio de patio.—Aumento de la masa mineral por el desgaste de los arrastres durante la porfirizacion.—Fluidez conveniente de las lamas para formar las tortas.—Repaso.—Ingredientes usados generalmente para el beneficio.—Beneficio con ácido sulfúrico.—Avances en la amalgamacion de la plata y terminacion del beneficio puestos en claro por los ensayes de pella.—Influencia de la temperatura sobre la marcha de la amalgamacion.—Teoría química del beneficio de plata.—Consumo de ingredientes.—Lavado de las tortas y operaciones subsecuentes.—Consumo de agua en el tratamiento de patio.—Costo del beneficio de patio.—Pérdida de plata en el beneficio de Guanajuato comparada con la amalgamacion de Freyberg y con la norte-americana de Panes.—Pérdidas en los tratamientos en otros distritos mineros del país.—Causas que originan la pérdida de la plata en Guanajuato.—Proyecto económico para concentrar los resíduos.—Resultados definitivos en la extrac-

Páginas.

cion del oro.—Arbitrios para mejorar la extraccion del oro.—Necesidad de perfeccionar la porfirizacion, á fin de obtener mejores resultados en la extraccion de los metales preciosos.—Apreciaciones relativas á mejorar el procedimiento químico del patio.—Comparacion económica de los resultados de diversos beneficios.—Reciente introduccion en grande escala en el país del beneficio de fundicion.—Apreciaciones sobre el porvenir probable de ese tratamiento referente á Guanajuato.—Apreciaciones relativas á la lixiviacion.—Industria metalúrgica en Guanajuato, juzgada en conjunto por el número de arrastres en accion en diversas épocas.—Conclusiones generales ..... 517

Las Minas de Guanajuato.—Adiciones al Capítulo I ..... 692

Adiciones al Capítulo II ..... 694

Adiciones al Capítulo III ..... 705

Anexo al Capítulo IV ..... 708

Acta de organizacion de la Sociedad Minera guanajuatense, denominada "La Concordia" ..... 710

Anexo al Capítulo VI.—Empleo de los ensayes de pella y de resíduos para determinar los adelantos y fin de la amalgamacion de la plata en el beneficio de patio ..... 721

# ANALES

DEL

# MINISTERIO DE FOMENTO

DE LA

## REPUBLICA MEXICANA

TOMO X

MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Calle de San Andrés núm. 15. (Avenida Oriente 51.)

1888

Anales del Minis
Tomo 10

AMNH LIBRARY
100215522